

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-088740

(43)Date of publication of application : 03.04.2001

(51)Int.Cl.

B62D 25/04

(21)Application number : 11-265499

(71)Applicant : MAZDA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 20.09.1999

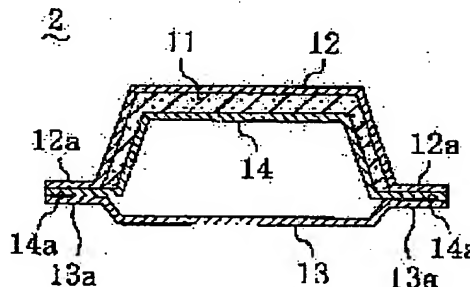
(72)Inventor : HANAKAWA KATSUNORI
FUKAHORI MITSUGI

(54) FRAME STRUCTURE OF VEHICLE BODY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve productivity without generation of less charging-in in a center pillar into which a filler 11 is foamwise charged while surely improve fuel consumption performance as well as safety against collision.

SOLUTION: A filler 11 is foamwise charged in between an outer pannel 12 and a reinforcement member 14. The average compression strength of the filler 11 is set to be not less than 4 MPa, preferably not less than 4 MPa and the maximum bending strength is set to be not less than 10 MPa, preferably 60 MPa, while the average foaming air hole diameter is set to be not more than 5 mm.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.03.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3596373

[Date of registration] 17.09.2004

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the frame structure of the car body characterized by having the closed section member which forms a part of frame cross section [at least] in the shape of a closed section, and being the frame structure of the car body by which foaming restoration of the filler was carried out in the space surrounded by this closed section member, and for the above-mentioned filler filling at least one side of average compressive strength's being 4 or more MPas and the maximum flexural strength being 10 or more MPas, and setting the average foaming pore diameter of the above-mentioned filler as 5mm or less.

[Claim 2] It has the closed section member which forms a part of frame cross section [at least] in the shape of a closed section. It is the frame structure of the car body with which the filler with which the hollow-like particle was mixed in the space surrounded by this closed section member was filled up. The above-mentioned filler The frame structure of the car body characterized by filling at least one side of average compressive strength's being 4 or more MPas and the maximum flexural strength being 10 or more MPas, and setting the pitch diameter of the hollow-like particle in the above-mentioned filler as 5mm or less.

[Claim 3] It is the frame structure of the car body characterized by preparing the filler in the frame structure of a car body according to claim 1 or 2 in a part of periphery edge [at least] of a frame cross section.

[Claim 4] The frame structure of the car body to which thickness of a filler is characterized by being set as 2-20mm in the frame structure of a car body according to claim 3.

[Claim 5] A filler is the frame structure of the car body characterized by being prepared in the part of the side which compressive stress generates by this bending moment in the cross section of the frame on which the bending moment acts in the frame structure of a car body according to claim 3 or 4 at the time of a car-body collision.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention belongs to the technical field about the frame structure of the car body in cars, such as an automobile.

[0002]

[Description of the Prior Art] That in which the frame cross section was formed in the shape of a closed section, for example like a center pillar of two panel material (they are an outer panel and an inner panel at a center pillar) is known well, and reinforcement and rigidity prepare a reinforcement and he is trying to reinforce with a required part between both the above-mentioned panel material especially as this kind of the frame structure conventionally. And in such the frame structure, in order to attain further improvement-ization of reinforcement, rigidity, striking-energy absorptivity, etc., it is common to increase the board thickness of the above-mentioned panel material or a reinforcement, or to add a new reinforcement.

[0003] On the other hand, attaining improvement-ization of frame reinforcement is proposed by carrying out foaming restoration of the filler which becomes the space surrounded by the closed section member which forms a frame cross section in the shape of a closed section from urethane foam as shown in JP,63-231913,A.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, in recent years, it is required that the fuel consumption engine performance should be raised, and in order to fill this demand, it is necessary to make a car body lightweight. However, it is difficult like **** to be unable to lightweight-ize a car body but to raise both the fuel consumption engine performance and collision safety by the approach of increasing the board thickness of panel material or a reinforcement.

[0005] Then, it is possible [it] to attain improvement-ization of collision safety making the space surrounded by the closed section member carry out foaming restoration of the filler which consists of lightweight urethane foam etc. like the above-mentioned example of a proposal (JP,63-231913,A), lightweight-izing a car body.

[0006] However, if the filler which consists of the above-mentioned urethane foam etc. has the above high deformability to some extent to an operation of impacting vehicle force and such a filler is used, since an impact load will distribute to the closed section member of the perimeter, will be hard to be transmitted from a load input point and it will deform a frame greatly locally in a load input point or its near, it has the problem that it cannot fully raise endergonic.

[0007] Moreover, in order to make it raise productivity and lightweight as it does not become the lack of restoration by dispersion in the amount of fillers etc. in case foaming restoration of the filler is carried out Although it is desirable to make the expansion ratio of a filler high, if it is going to make this expansion ratio high It is in the inclination for a foaming pore diameter to become large, for this reason, the substantial touch area of a filler and a closed section member becomes small by big pore, and it becomes difficulty further to make the closed section member of that perimeter distribute an impact load from a load input point. Endergonic improvement-ization will become difficult, if this is also the same as when the interior mixes into a filler hollow-like particles, such as a glass bead which is hollow, and the particle diameter tends to be enlarged and it is going to attain lightweight-izing and improvement-ization of productivity.

[0008] This invention is made in view of this point, and the place made into the purpose is in what it is going to raise the fuel consumption engine performance and collision safety for certainly, raising the productivity of a car body by elaborating the filler to the frame structure of the car body with which the filler was filled up into the space surrounded by the closed section member as mentioned above.

[0009]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, at least one side of average compressive strength's being 4 or more MPas about a filler and the maximum flexural strength being 10 or more MPas shall be filled with this invention, and the average foaming pore diameter (or pitch diameter of the hollow-like particle in a filler) of this filler was set as 5mm or less.

[0010] By invention of claim 1, it has the closed section member which forms a part of frame cross section [at least] in the shape of a closed section, and, specifically, a filler is aimed at the frame structure of the car body by which foaming restoration was carried out to the space surrounded by this closed section member.

[0011] And the above-mentioned filler shall fill at least one side of average compressive strength's being 4 or more MPas and the maximum flexural strength being 10 or more MPas, and the average foaming pore diameter of the above-mentioned filler shall be set as 5mm or less.

[0012] The closed section member of the perimeter can be made to distribute the force of joining the part locally, through a filler by making the part (part to buckle) which bends under the effect of an impact load in a closed section member, and advances into the closed section inside by the above-mentioned configuration correspond, and carrying out foaming restoration of the filler, it can control that the part bends, or striking energy is effectively absorbable, making it bend. And about the above-mentioned filler, the amount of energy-absorbing of a frame also increases as the average compressive strength (the maximum flexural strength) of a filler becomes large, but average compressive strength could be 4 or more (the maximum flexural strength is 10 or more MPas) MPas because the increment degree of the amount of energy-absorbing would be saturated, if average compressive strength was set to 4 or more (the maximum flexural strength is 10 or more MPas) MPas. That is, even when it could control to the maximum extent, and the maximum flexural strength was 10 or more MPas and a frame transforms locally greatly that a frame will deform locally and crushing of a cross section will arise if average compressive strength is 4 or more MPas, it can prevent that control the crack of a filler and a frame breaks in brittleness to the maximum extent. Consequently, if the filler which fills at least one side of average compressive strength's being 4 or more MPas and the maximum flexural strength being 10 or more MPas is used, the amount of energy-absorbing near maximum is obtained, and collision safety can be raised. And since the average foaming pore diameter of a filler is set as 5mm or less, the substantial touch area of a filler and a closed section member can be maintained good, and the closed section member of the perimeter can be made to distribute an impact load certainly from a load input point. On the other hand, a filler can be made lightweight, while being able to prevent generating with insufficient restoration by dispersion in the amount of fillers etc. if comparatively many foaming agents with a small particle size are mixed even if it does not enlarge a foaming pore diameter. Therefore, lightweight-izing of a car body and improvement-ization of collision safety can be attained certainly, raising the productivity of a car body. In addition, "average compressive strength" says the average reinforcement in the range whose amount of displacement (amount of compression) is 0-8mm when a compressive load is applied from an one direction at the rate of 10 mm/min to what processed the filler into the one-side 30mm cube. It sets in the cross section of the arbitration in the filler after foaming, and "the average foaming pore diameter of a filler" is 2 5.6cm. When 11 in the foaming pore which exists within the limit (a configuration is arbitration) are chosen from the largest thing, the average of the pore diameter of 11 pieces is said.

[0013] In invention of claim 2, it has the closed section member which forms a part of frame cross section [at least] in the shape of a closed section, and is aimed at the frame structure of the car body with which the filler with which the hollow-like particle was mixed in the space surrounded by this closed section member was filled up.

[0014] And the above-mentioned filler shall fill at least one side of average compressive strength's

being 4 or more MPas and the maximum flexural strength being 10 or more MPas, and the pitch diameter of the hollow-like particle in the above-mentioned filler shall be set as 5mm or less.

[0015] Like the case where foaming restoration of the filler is carried out, since the pitch diameter of a hollow-like particle is set as 5mm or less by this invention, the substantial touch area of a filler and a closed section member can be maintained good, and collision safety can be raised by it. On the other hand, if many hollow-like particles of a minor diameter are mixed even if it does not enlarge the pitch diameter of a hollow-like particle so much, lightweight-izing and productivity drive-ization can be attained. Therefore, the same operation effectiveness as claim 1 is acquired. In addition, it sets in the cross section of the arbitration of a filler, and "the pitch diameter of a hollow-like particle" is 2 5.6cm. When 11 in the hollow-like particle which exists inside are chosen from the largest thing, the average of the particle diameter of 11 pieces is said.

[0016] In invention of claim 3, the filler shall be prepared in claim 1 or invention of 2 in a part of periphery edge [at least] of a frame cross section.

[0017] By this, even if there is no filler in the whole frame cross section, by preparing a filler in the periphery edge of a frame cross section, it can reinforce effectively, and moreover, there are few amounts of fillers, and it ends, and can lightweight-ize further. Moreover, although the reinforcement effectiveness is no longer acquired fully unless it secures the substantial touch area of a filler and a closed section member especially when a filler does not spread on a part of frame cross section in this way, in this invention, the substantial touch area of a filler and a closed section member can be maintained good, and collision safety can fully be raised.

[0018] In invention of claim 4, the thickness of a filler shall be set as 2-20mm in invention of claim 3.

[0019] Since possibility of becoming the lack of restoration by dispersion in the amount of fillers etc. will become high while lightweight-ized effectiveness becomes small if larger than 20mm while hardly changing to the case where the packing effect of a filler will be low and will not fill up a filler with carrying out like this if the thickness of a filler is smaller than 2mm, it has been set as 2-20mm.

[0020] In invention of claim 5, the filler shall be prepared in the part of the side which compressive stress generates by this bending moment in the cross section of the frame on which the bending moment acts at the time of a car-body collision in claim 3 or invention of 4.

[0021] By this, even if a part of frame cross section has a filler, the reinforcement effectiveness by the filler can be demonstrated to the maximum extent, and it can control good that a frame bends.

[0022]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the operation gestalt of this invention is explained based on a drawing. Drawing 1 shows the automobile car-body 1 whole configuration equipped with the center pillar 2 (frame) to which the frame structure concerning the operation gestalt of this invention was applied. This center pillar 2 is prolonged in the abbreviation vertical direction in the cross-direction abbreviation center section of the right-and-left both-sides section of a car body 1, that upper limit section is joined to the roof side rail 3 prolonged in a cross direction in the right-and-left both-sides section of the vehicle room roof section, and the lower limit section is joined to the side sill 4 prolonged in a cross direction in the right-and-left both-sides section of the vehicle room floor section. And even if the filler 11 (refer to drawing 2 and drawing 3) is formed in the beltline section of the above-mentioned center pillar 2 thru/or its near like the after-mentioned and an impact load As is inputted at the time of the side impact of a car body 1, he is trying to control the beltline section breaking and advancing into a vehicle room side. In addition, five are a front pillar among drawing 1 , and 6 is a rear pillar.

[0023] The above-mentioned center pillar 2 is equipped with the reinforcement 14 which consists of a steel plate prepared in the center pillar 2 cross section (frame cross section) while the outer panel 12 which consists of a steel plate located in a car-body outside, the inner panel 13 which consists of a steel plate located in the car-body inside, and this outer panel 12 and the inner panel 13 as shown in drawing 2 and drawing 3 . Respectively, this outer panel 12, the inner panel 13, and the reinforcement 14 have flanges 12a, 12a, 13a, 13a, 14a, and 14a in that right-and-left both-sides section (car-body 1 order both-sides section), and are mutually unified by these each flanges 12a and 13a and 14a being joined by spot welding. That is, the above-mentioned outer panel 12 and a reinforcement 14 are closed section members which form a part of periphery edge (car-body lateral

part) of center pillar 2 cross section in the shape of a closed section, and the inner panel 13 and a reinforcement 14 are closed section members which form the car-body inside section of the core of center pillar 2 cross section, and a periphery edge in the shape of a closed section. And as for both the outer panel 12 and the reinforcement 14, the space between nothing and its both is also making the shape of a cross-section abbreviation KO character for the shape of a cross-section abbreviation KO character.

[0024] In the beltline section of the above-mentioned center pillar 2 thru/or its near, foaming restoration of the filler 11 which consists of an epoxy resin is carried out in the space between the outer panel 12 and a reinforcement 14 (space surrounded by the closed section member). That is, only the part (it is a car-body outside from the neutral axis of a center pillar 2) of the side which compressive stress generates by the bending moment which originates in the near part into which it is a part of periphery edge not in the whole inside of center pillar 2 cross section but in that cross section, and the above-mentioned impact load A_s is inputted, or its impact load A_s , and acts on a center pillar 2 is filled up with this filler 11, and it is making the shape of a cross-section abbreviation KO character. While the average compressive strength of the above-mentioned filler 11 is set as 4 or more (preferably 5 or more MPas) MPas, the maximum flexural strength is set as 10 or more (preferably 60 or more MPas) MPas. It can control that the beltline section of a center pillar 2 will deform this locally, and crushing of a cross section will produce it even if the above-mentioned impact load A_s is inputted into a center pillar 2 if average compressive strength is 4 or more MPas to the maximum extent. Even when the maximum flexural strength was 10 or more MPas and a center pillar 2 deforms greatly locally even if it is because it can prevent that control the crack of a filler 11 and a center pillar 2 breaks in brittleness to the maximum extent, and is because average compressive strength is set to 5 or more MPas and 60 or more MPas, then the effectiveness of those can obtain the maximum flexural strength more stably. In addition, the above-mentioned average compressive strength says the average reinforcement in the range whose amount of displacement (amount of compression) is 0-8mm, when a compressive load is applied from an one direction at the rate of 10 mm/min to what processed the filler 11 into the one-side 30mm cube (refer to drawing 6). [0025] As the above-mentioned filler 11 is typically shown in drawing 4 (a), it has the foaming pores 11a and 11a of a large number produced by foaming, and -- in that interior, and this average foaming pore diameter is set as 5mm or less (preferably 4mm or less). This is because the substantial touch area of a filler 11 and the outer panel 12 does not decrease so much by foaming pore 11a, so collision safety can be certainly raised like the after-mentioned so that it may understand, if it compares with drawing 4 in the case of being larger than 5mm (b) if an average foaming pore diameter is 5mm or less. In addition, it sets in the cross section of the arbitration in the filler 11 after foaming, and the average foaming pore diameter of the above-mentioned filler 11 is 2.5.6cm. When 11 in foaming pore 11a which exists within the limit (a configuration is arbitration) are chosen from the largest thing, the average of the pore diameter of 11 pieces is said.

[0026] Next, how to assemble the above-mentioned center pillar 2 is explained. First, as shown in drawing 5 (a), the filler 10 in the condition of not foaming processed in the shape of a sheet is stuck and set to the predetermined part of outer panel 12 side face of a reinforcement 14. The foaming agent and the curing agent are mixed in the filler 10 in this condition of not foaming, and as for this foaming agent, that particle size (generally, as particle size of a foaming agent is made small, an average foaming pore diameter becomes smaller) and amount of mixing are set up so that the average foaming pore diameter of the filler 11 after foaming hardening may be set to 5mm or less (in addition, the ingredient and foaming conditions of a foaming agent can also adjust an average foaming pore diameter).

[0027] Then, as shown in drawing 5 (b), the reinforcement 14 which stuck the above-mentioned filler 10 is set to the outer panel 12, and both flange 12a and 14a are joined by spot welding. And as shown in drawing 5 (c), the assembly of a center pillar 2 is completed by setting the inner panel 13 to the above-mentioned reinforcement 14, and joining flange 13a of this inner panel 13 to flange 14a of a reinforcement 14 by spot welding.

[0028] Subsequently, after completing the assembly of the car-body 1 whole, the car body 1 is made immersed in electrodeposited liquid, and electropainting is performed, and it supplies for 35 minutes in 180-degree-C ambient atmosphere after that, and the electropainting is dried (the minimum

temperature of a center pillar 2 becomes about 150 degrees C). And apply car-body sealer, supply for 20 minutes in 140-degree-C ambient atmosphere, and the car-body sealer is dried (the temperature of a center pillar 2 is about 100 degrees C). The second painting is performed, it supplies for 40 minutes in 140-degree-C ambient atmosphere, and the second painting is dried (it means that the center pillar 2 was heated for 20 minutes at 140 degrees C). Then, subsequently A top coat is performed, it supplies for 40 minutes in 140-degree-C ambient atmosphere, and the top coat is dried (it means that the center pillar 2 was heated for 20 minutes at 140 degrees C). Foaming restoration is completely carried out between the outer panel 12 and a reinforcement 14 by heating the above-mentioned filler 10 with that desiccation heat at the time of desiccation of this electropainting etc. Thus, since foaming hardening of the filler 10 in the condition of not foaming is carried out with desiccation heat, such as electropainting, it is not necessary to establish a foaming process separately, and productivity can be raised. In addition, while foaming of the above-mentioned filler 10 is completed at the desiccation process of electropainting, one half extent hardens, and the remainder hardens at the desiccation process of the second painting and a top coat (at the desiccation process of car-body sealer, the temperature of a center pillar 2 is too low, and a filler 10 is hardly hardened).

[0029] When a side impact is made to the above-mentioned car body 1, the big force which has bent in the beltline section of the outer panel 12 in a center pillar 2 according to the impact load As (buckling), and is going to advance into the cross-section inside may act locally. However, even if such force acts on the outer panel 12, a perimeter can be made to distribute that force through a filler 11 with this operation gestalt. Since the average foaming pore diameter of a filler 11 is set as 5mm or less at this time, the substantial touch area of a filler 11 and the outer panel 12 can be maintained good, and the outer panel 12 of that perimeter can be made to distribute an impact load certainly from a load input point. And since the average compressive strength of the filler 11 is set as 4 or more MPas and the maximum flexural strength is set as 10 or more MPas, the amount of energy-absorbing near maximum is obtained, and it can control that a center pillar 2 bends to the maximum extent. On the other hand, although the filler 11 is formed only between not the whole inside of center pillar 2 cross section but the outer panel 12, and the reinforcement 14, since the bending moment of buckling initiation hardly changes to the case where it prepares in [whole] center pillar 2 cross section, it can absorb striking energy effectively by the small fill. Moreover, a filler 11 can be made lightweight, while being able to prevent generating with insufficient restoration by amount dispersion of a filler 10 etc. and being able to make a need part carry out foaming restoration of the filler 11 completely, if comparatively many foaming agents with a small particle size are mixed in the filler 10 in the condition of not foaming. Therefore, lightweight-izing of a car body 1 and improvement-ization of collision safety can be attained certainly, raising the productivity of a car body 1.

[0030] Here, as for the average foaming pore diameter of a filler 11, in the above-mentioned operation gestalt, it is desirable that it is 0.1mm or more. Namely, although the maximum bending moment value which the substantial touch area of a filler 11 and the outer panel 12 is maintained good, and a center pillar 2 can pay becomes large so that an average foaming pore diameter is small. If an average foaming pore diameter is smaller than 0.1mm, while it will become difficult for the particle diameter of a foaming agent to become small too much, and to knead a foaming agent in the filler 10 in the condition of not foaming It is because a pore diameter may become large on the contrary by spacing between foaming agent particles becoming small, and two or more foaming pore 11a being connected at the time of foaming.

[0031] Moreover, as for at least the reinforcement (tensile strength, proof stress) and rigid one side of the above-mentioned reinforcement 14, it is desirable to set up more than the outer panel 12 and an EQC. That is, if both both [reinforcement and / rigid] 14 are smaller than the outer panel 12, when the beltline section of the outer panel 12 tends to bend and it is going to advance into the cross-section inside Although a reinforcement 14 will carry out buckling distortion locally and the outer panel 12 will advance into the cross-section inside with a filler 11 Thus, if at least the reinforcement and rigid one side of a reinforcement 14 are the outer panel 12 and more than equivalent, the penetration (bend) to the cross-section inside of the outer panel 12 can be controlled much more certainly.

[0032] Furthermore, as for the amount of clearances between the outer panels 12 and reinforcements

14 in the filler 11 above-mentioned packing fraction (thickness of a filler 11), it is desirable to set it as 2mm or more (preferably 3mm or more). Although the maximum bending moment value which a center pillar 2 can pay becomes large so that the above-mentioned amount of clearances is small, when this is not filled up with a filler 11, it is because it will hardly change to the case where the packing effect of a filler 11 is low and is not filled up with a filler 11 if the above-mentioned amount of clearances is smaller than 2mm when filled up with a filler 11. On the other hand, since possibility of becoming the lack of restoration by amount dispersion of a filler 10 etc. becomes high while lightweight-ized effectiveness will be small and will become disadvantageous in respect of cost, if larger than 20mm, as for the above-mentioned amount of clearances, it is desirable to set it as 20mm or less.

[0033] Moreover, it is desirable to prepare the adhesives layers (car-body sealer etc.) which have the shear bonding strength of 3 or more MPas at least in the part between the above-mentioned filler 11 and the outer panel 12. While this can make the outer panel 12 distribute certainly the force in which it is added locally, by the perimeter through a filler 11. The maximum bending moment value which a center pillar 2 can pay by the adhesives layer can be raised effectively. moreover, when at least the reinforcement and rigid one side of a reinforcement 14 are used as the outer panel 12 like **** more than an EQC It is because advancing into the cross-section inside cannot be jugged out over a cross-section outside, either but the outer panel 12 can prevent effectively that the outer panel 12 bends.

And if you may make it filler 11 the very thing have the shear bonding strength of 3 or more MPas to the outer panel 12 and it carries out like this instead of preparing an adhesives layer, it can be managed even if it does not prepare an adhesives layer separately, and the above-mentioned effectiveness will be acquired easily. Thus, when pasting up a filler 11 and the outer panel 12, if the average foaming pore diameter of a filler 11 is larger than 5mm (when it is made for especially filler 11 the very thing to have shear bonding strength), the above adhesion effectiveness will no longer be acquired, without obtaining sufficient adhesive strength, but if it is made 5mm or less like the above-mentioned operation gestalt, the above-mentioned adhesion effectiveness will be acquired to the maximum extent. In addition, you may make it prepare an adhesives layer at least not only in between a filler 11 and the outer panels 12 but in the part between a filler 11 and the inner panel 13.

[0034] In addition, as for the above-mentioned filler 11, in center pillar 2 longitudinal direction, it is desirable to fill up the range of 15% or more of die length to the die length during the load supporting point of a center pillar 2 (between the lower limit sections joined to the upper limit section joined to the roof side rail 3 and a side sill 4). That is, although the amount of energy-absorbing increases as the restoration range of a filler 11 becomes large, abbreviation saturation is carried out at 15% to the die length during a load supporting point. Therefore, if the range of 15% or more of die length is filled up, the amount of energy-absorbing near abbreviation maximum will be obtained.

[0035] in addition -- the above-mentioned operation gestalt -- a filler 11 -- average compressive-strength -- 4 or more (preferably 5 or more MPas) MPas -- and although the maximum flexural strength should be set as 10 or more (preferably 60 or more MPas) MPas, 4 or more (preferably 5 or more MPas) MPas or the maximum flexural strength has good average compressive strength also as what was set as 10 or more (preferably 60 or more MPas) MPas. Even if such, collision safety can fully be raised. And the filler 11 with which it filled up between the outer panel 12 and the reinforcement 14 is constituted from two-layer [by the side of the outer panel 12 and a reinforcement 14 (impacting-vehicle-force input side) (anti-impacting-vehicle-force input side)], average compressive strength arranges the thing of 4 or more (preferably 5 or more MPas) MPas to the outer panel 12 side, and you may make it the maximum flexural strength arrange the thing of 10 or more (preferably 60 or more MPas) MPas to a reinforcement 14 side. If it carries out like this, the compressive load which acts on the outer panel 12 side directly, and the bending load which acts on a reinforcement 14 side can be effectively paid with the filler 11 of each class, respectively, the most effective property can be given to each of that filler 11, and efficient reinforcement can be performed.

[0036] Moreover, a filler 11 does not necessarily need to be foam, and when it is not foam, it can attain lightweight-izing and productivity drive-ization like foam by mixing hollow-like particles whose interior is hollow, such as a glass bead and resin mold goods, into a filler 11. And even in this

case, if the pitch diameter (the average of that particle diameter of 11 pieces is said when 11 in the hollow-like particle whose 5.6cm exists within the limit (a configuration is arbitration) of 2 in the cross section of the arbitration of a filler 11 are chosen from the largest thing) of a hollow-like particle is set as 5mm or less, the same operation effectiveness as the above-mentioned operation gestalt will be acquired.

[0037] Furthermore, with the above-mentioned operation gestalt, although foaming restoration of the filler 11 was carried out only between the outer panel 12 and the reinforcement 14, when it may be made to carry out foaming restoration also between the inner panel 13 and a reinforcement 14 and there is no reinforcement 14, it may be made to carry out foaming restoration of the filler 11 between the outer panel 12 and the inner panel 13.

[0038] In addition, with the above-mentioned operation gestalt, although the frame structure of this invention was applied to the center pillar 2, it is applicable also to pillar members other than center pillar 2 (the above-mentioned front pillar 5 and rear pillar 6). Moreover, in addition to this, it is applicable to the frame member (a frontside frame, a rear side frame, the above-mentioned roof side rail 3, side-sill 4 grade) prolonged in a cross direction in the right-and-left both sides of a car body 1, the connection members (cross member etc.) which connect the frame member of these right and left, the reinforcement member of the door body section, the reinforcement members (bumper reinforcement etc.) of bumpers (impact bar etc.), etc. and when it is going to control that the frame on which the bending moment acts according to the impact load A_f at the time of the protrusion, the impact load A_r (refer to drawing 1) at the time of back **, etc. bends. What is necessary is just to form a filler 11 in the part of the side which compressive stress generates by the above-mentioned bending moment at least at the periphery edge of the frame cross section like the center pillar 2 of the above-mentioned operation gestalt (the periphery edge perimeter of a frame cross section is sufficient). When it is going to absorb striking energy effectively, making a frame also with the whole sufficient frame cross section bend, a filler 11 may be formed in the part of the side which tensile stress generates by the bending moment in a frame cross section.

[0039]

[Example] Next, the example carried out concretely is explained.

[0040] first -- the filler (that is, -- not the condition with which it filled up in the frame cross section but the filler itself) itself -- the -- fundamental -- physical and a mechanical property were investigated. That is, about six kinds of ingredients shown in Table 1, while investigating the consistency respectively, it asked for average compressive strength and the maximum flexural strength by trial. In addition, the above-mentioned consistency investigated the value in a room temperature (about 20 degrees C) also about which ingredient.

[0041] aluminum foam used [that whose degree of hardness of foaming urethane resin is 8kg/cm^2] the reinforcing materials with a thickness of 1mm made from a steel plate (at below SPCC; and this example, all steel plates are SPCC) by whom, as for a reinforcement, rod-like aluminum material is generally prepared for aluminum lump for a pine in wood in a frame cross section for aluminum foam among each ingredient of Table 1, respectively.

[0042] In addition, the consistency of the above-mentioned reinforcement is computed as a conversion consistency in a frame from the reinforcement weight arranged in the frame cross section as shown in drawing 7 mentioned later, and the volume of the frame corresponding to this reinforcement arrangement part. Moreover, about the average compressive strength and the maximum flexural strength of a reinforcement, the value was too low all to measure in them in the average compressive strength of urethane foam, and a list.

[0043]

[Table 1]

材 質	密 度 (g/cm ³)	平均圧縮強度 (MPa)	最大曲げ強度 (MPa)
発泡ウレタン	0.09	0.6	—
A1発泡体	0.29	1.9	2.4
木材	0.41	2.5	59.2
エポキシ樹脂A	0.50	3.0	3.7
エポキシ樹脂B	0.50	9.0	11.0
A1塊	2.67	234	586
レインフォースメント	0.61	—	—

[0044] As the simple substance compression test for investigating the average compressive strength of each filler was the following, it was performed. That is, as the test specimen of each ingredient was processed into one-side a 30mm cube, a test piece was produced, respectively, a compressive load was applied at the rate of 10 mm/min and drawing 6 was typically shown from an one direction to this, the amount of displacement (amount of compression) made this the average compressive strength of a filler in quest of the average load in the range which is 0-8mm.

[0045] Moreover, as the simple substance bending test for investigating the maximum flexural strength of each filler was the following, it was performed. That is, the three-point bending test was performed in the so-called autograph by processing the test specimen of each ingredient into plate-like [with a width-of-face / of 50mm / x die-length / of 150mm / x thickness of 10mm], producing a test piece, respectively, setting distance between the supporting points to 80mm, and pressing the center at the rate of 10 mm/min by the indenter of R8 about the test piece of each filler. And the maximum flexural strength of each filler was computed from the load-displacement diagram.

[0046] As a consistency of the filler with which it is filled up in the frame cross section of a car-body frame, three or less 1.0 g/cm is suitable, and preferably, if it is three or less 0.6 g/cm, lightweight-ized effectiveness is further expectable from the data of the consistency of each filler of the above-mentioned table 1 and cost, lightweight-ized effectiveness, etc.

[0047] Next, the building envelope of the predetermined part of a frame was filled up with each above-mentioned filler, and the trial of a frame which mainly evaluates a energy-absorbing property was performed.

[0048] First, as panel material which constitutes a frame, the steel plate of 1mm of board thickness was used. 292Ns /of tensile strength of this steel plate were [mm] 2, 147Ns /of yield points were [mm] 2, and elongation was 50.4%.

[0049] Using the above-mentioned steel plate, as shown in drawing 7, the panel material Po of the shape of a cross-section KO character which carried out opening, and the plate-like panel material Pi were combined in the shape of a piece hat, and in 60mm pitch, one side performed spot welding and, finally assembled about the polymerization part Lf (flange).

[0050] In addition, as an imaginary line showed drawing 7, in the case of what arranged Reinforcement Rf in the frame cross section, the ingredient of this reinforcement Rf used the same thing as the ingredient of the panel material Pi and Po of Frame FR. In this case, after putting between the flange (polymerization part Lf) of both the panel material Pi and Po, both the flanges (un-illustrating) of Reinforcement Rf were made into the three-sheet pile, and were assembled by spot welding.

[0051] The building envelope of the predetermined part of the above-mentioned frame FR was filled up with each filler of Table 1, respectively, various kinds of mechanical tests were performed, and the relation between average compressive strength or the maximum flexural strength, and endergonic was investigated.

[0052] First, the static three-point bending test of a frame was carried out. Drawing 8 is the explanatory view showing typically the testing device which performs the static three-point bending test of Frame FR. Moreover, drawing 9 is the explanatory view expanding and showing the important section of this static tripartite bending testing device.

[0053] As it is filled up with Filler S covering Ef=50-300mm die length in the cross section of the

frame FR of the predetermined die length equipped with the cross-section configuration shown as a continuous line in drawing 7 , and a static load W_s is added in the center of Frame FR through Indenter M_a and it is shown in drawing 10 with a universal testing machine, it is a load in the range of the 0-45mm amount of displacement. - The variation rate was measured and the amount of static energy-absorbing was calculated.

[0054] The above-mentioned test result is shown in the graph of drawing 11 - drawing 14 . First, drawing 11 expresses the relation between filler mass and the amount of energy-absorbing. In this drawing 11 , the case where the black dot mark (-) was filled up with wood, and the black square mark (**) is filled up with epoxy resin A, respectively is shown, and the white trigonum mark (**) shows the case where a steel plate reinforcement (1.0mm of board thickness) is prepared in a frame cross section. In addition, a white round mark (O) shows the case of the steel plate of 1.6mm of board thickness by reference.

[0055] Also in any of wood and epoxy resin A, the restoration mass of Filler S took for increasing, absorbed energy became high, and where the frame part supported with both the supporting points M_s of a testing device is crushed, maximum was shown, so that this graph (drawing 11) might show well. Moreover, only compared with the case of having prepared the reinforcement, when the fillers S, such as wood and an epoxy resin, are used, although the equivalent amount of energy-absorbing is obtained, it ends with far small restoration mass.

[0056] Thus, only compared with the case of having formed Reinforcement R_f , it has checked that endergonic [of Frame FR] improved sharply by being filled up with Filler S in a frame cross section.

[0057] Moreover, drawing 12 is what showed the relation between the average compressive strength of Filler S, and the amount of energy-absorbing, and the axes of abscissa of a graph are logarithmic scale. In this measurement, the restoration die length E_f of each filler S was set to 50mm. When restoration die length is the following to this extent, Filler S hardly receives a bending operation and, as for endergonic [the], functionality with compressive strength becomes very strong. In addition, in drawing 12 , it is shown that a1 point, a2 point, a3 point, a4 point, and a5 point are data about urethane resin, aluminum foam, wood, and epoxy resin A and aluminum lump, respectively.

[0058] The amount of energy-absorbing also increases as the average compressive strength of Filler S becomes large, so that the graph of this drawing 12 may show well, but if average compressive strength is set to 4 or more MPas, the increment degree of the amount of energy-absorbing of Frame FR will be saturated. If it puts in another way and average compressive strength will be 4 or more MPas, the amount of energy-absorbing almost near maximum can be obtained.

[0059] If average compressive strength is especially set to 5 or more MPas, the increment degree of the amount of energy-absorbing of Frame FR is stabilized more, is saturated, is stabilized more and can obtain the amount of energy-absorbing near maximum.

[0060] Furthermore, drawing 13 is what showed the relation between the maximum flexural strength of Filler S, and the amount of energy-absorbing, and drawing 14 expands and shows the part of the 80 or less MPa of the maximum flexural strength in the graph of drawing 13 . In this measurement, the restoration die length E_f of each filler S was set to 100mm. If restoration die length increases to about 100mm, the flexural strength of a filler will also come to contribute to the endergonic improvement in Frame FR greatly. In addition, in drawing 13 and drawing 14 , it is shown that b1 point, b2 point, b3 point, and b4 point are data of aluminum foam and epoxy resin A, wood, and aluminum lump, respectively.

[0061] The amount of energy-absorbing also increases as the maximum flexural strength of Filler S becomes large, so that these graphs may show well, but if the maximum flexural strength is set to 10 or more MPas (refer to drawing 14 especially), the increment degree of the amount of energy-absorbing of Frame FR will be saturated. If it puts in another way and the maximum flexural strength will be 10 or more MPas, the amount of energy-absorbing almost near maximum can be obtained.

[0062] If the maximum flexural strength is especially set to 60 or more MPas, the increment degree of the amount of energy-absorbing of Frame FR is stabilized more, is saturated, is stabilized more and can obtain the amount of energy-absorbing near maximum.

[0063] In the above static endergonic trial, when not filling up with the filler in the frame cross section, as shown in drawing 15 , Frame FR deforms greatly locally by the input point of Load W_s .

On the other hand, when filling up with the filler in the frame cross section, as shown in drawing 16, the input load W_s will be distributed on the outskirts of a packing fraction of Frame FR through the filler S with which it filled up in the range of not only an input point but the die length E_f . That is, it will reach far and wide and deform, without big deformation producing a frame locally by filling up the interior with Filler S. Thereby, it is thought that absorbed energy also increases by leaps and bounds.

[0064] In addition, when the amount of energy-absorbing of the simple substance of the filler S at this time was calculated by count, it was 7% or less of general absorption energy. Also from this, the endergonic improvement by being filled up with Filler S in Frame FR can understand that the load dispersion effect by Filler S has contributed very greatly rather than endergonic [of the filler S itself].

[0065] Moreover, in the graph of drawing 11, especially about the frame filled up with the wood in which the upper limit of the amount of energy-absorbing is shown, when visual observation of the condition of the frame after a trial was carried out, the frame part supported with both the supporting points M_s of a testing device was in the condition of having been crushed nearly completely. That is, the greatest energy-absorbing in this frame FR is considered to be what is depended on crushing of the supporting section by this supporting point M_s . Therefore, it can be said that the role of Filler S is in making a supporting-point part distribute the input load W_s in this case.

[0066] Furthermore, about each frame which filled up each filler with restoration die-length $E_f=50\text{mm}$, respectively, when visual observation of the crushing condition of the frame cross section after a trial was carried out, the frame cross section is destroyed by the load input point nearly completely, and, on the other hand, the frame cross section was seldom destroyed by what has endergonic [comparatively high] (an epoxy resin, wood, and aluminum lump) by the load input point what has endergonic [comparatively low] (only a reinforcement R_f urethane resin and aluminum foam).

[0067] The compressive strength of Filler S had contributed greatly, as mentioned above, the amount of energy-absorbing increased as the average compressive strength of Filler S increased, crushing of the frame cross section in this load input point was saturated with about 4 MPa(s), was stabilized more and saturated with about 5 MPa(s) (refer to drawing 12).

[0068] From this, if crushing of a cross section has influenced the energy-absorbing engine performance of a frame greatly and a cross section collapses, stress concentration will arise, local deformation is accelerated, a crease of Frame FR is invited, and it is considered that it becomes impossible to secure sufficient amount of energy-absorbing.

[0069] Since the compressive load to the filler S with which it filled up in Frame FR acts especially on a load input side directly, as for the average compressive strength of Filler S, it is desirable to be maintained by the value (4 or more MPas) which is sufficient for preventing crushing of the above-mentioned cross section especially in a load input side.

[0070] Moreover, as mentioned above, if the restoration die length E_f of Filler S becomes long more than fixed, even if the average compressive strength of Filler S is almost equivalent, a difference will arise in endergonic. When the restoration die length E_f of Filler S was set to 100mm and visual observation of the cross section of a frame where the amount of energy-absorbing was filled up with comparatively low epoxy resin A was carried out, the crack had arisen in the filler (epoxy resin). To this crack, the maximum flexural strength had influenced greatly, the amount of energy-absorbing increased as this maximum flexural strength became high, it was saturated with about 10 MPa(s), and it was stabilized more and saturated with about 60 MPa(s) (refer to drawing 13 and drawing 14).

[0071] Since the bending load to the filler S with which it filled up in Frame FR acts especially on an anti-load input side directly, as for the maximum flexural strength of the above-mentioned filler S, it is desirable to be maintained by the value (10 or more MPas) which is sufficient for preventing the crack of the above-mentioned filler especially in an anti-load input side.

[0072] In addition, if Filler S is made into the multilayer structure which changes with a different filler, average compressive strength prepares the filler layer beyond a predetermined value (at least 4 MPa(s)) in a load input side and the maximum flexural strength prepares the filler layer beyond a predetermined value (at least 10 MPa(s)) in an anti-load input side from the above thing when filled

up with Filler S in Frame FR, it can raise endergonic [of Frame FR] very efficiently.

[0073] The dynamic three-point bending test of a frame was carried out following the above-mentioned static three-point bending test. Drawing 17 is the explanatory view showing typically the testing device which performs the dynamic three-point bending test of Frame FR. It is filled up with Filler S covering $E_f=50-300\text{mm}$ die length in the cross section of the frame FR of the predetermined die length equipped with the cross-section configuration shown as a continuous line in drawing 7 like the case of the above-mentioned static three-point bending test. While measuring the deformation of the frame FR at the time of giving an impact load W_d to a frame central part with falling weight M_b , as an impact load was measured by the load cell M_c and shown in drawing 18, the amount of energy-absorbing in the range of the 0-45mm amount of displacement was calculated. [0074] Drawing 19 shows the relation of the filler die length and the amount of energy-absorbing in the above-mentioned dynamic three-point bending test. In this drawing 19, the case where the black dot mark (-) was filled up with wood, and the black square mark (**) is filled up with epoxy resin A, respectively is shown.

[0075] As this graph (drawing 19) showed well, like the case of a static three-point bending test, also in any of wood and epoxy resin A, absorbed energy became high as the fill of Filler S increased, and the upper limit of the amount of energy-absorbing was accepted, and that value was about 0.85 kJ(s).

[0076] Thus, it has checked that endergonic [of Frame FR] improved by being filled up with Filler S in a frame cross section also about dynamic load W_d .

[0077] Moreover, when the case of a static load W_s was compared with the case of dynamic load W_d , they were about 1.7 times in the case of the amount of energy-absorbing being [to receive dynamic load W_d] larger, and receiving a static load W_s .

[0078] Furthermore, calculation of the ratio (static-dynamic ratio) of the case of a static load W_s and the case of dynamic load W_d accepted very high functionality from the endergonic data in each static load W_s and dynamic load W_d which were acquired above. Therefore, it is thought that the considerations (load dispersion effect by Filler S etc.) which followed endergonic [in a static load W_s] can be fundamentally applied also when dealing with endergonic [in dynamic load W_d].

[0079] In the above-mentioned dynamic three-point bending test, drawing 20 is a graph which shows the relation between the endergonic rate of improvement, and the restoration die-length range of Filler S (restoration die-length rate to the distance between the load supporting points), when Reinforcement R_f is formed in a frame cross section. In this drawing 20, the case where the white round mark (O) was filled up with wood, and the white trigonum mark (**) is filled up with epoxy resin A, respectively is shown.

[0080] Although absorbed energy becomes high also in any of wood and an epoxy resin as the restoration die-length range of Filler S becomes large so that this graph (drawing 20) may show well, it is mostly saturated with about 15%. If it puts in another way and there is the restoration die-length range of 15% or more of Filler S to the distance between the load supporting points, the almost maximum amount of energy-absorbing can be obtained. Therefore, it is desirable that it is 15% or more to the distance between the load supporting points as restoration range of Filler S.

[0081] Drawing 21 is the explanatory view showing typically the testing device which performs the static cantilever bending test of a frame. After being filled up with Filler S in the cross section of the frame FR of the predetermined die length equipped with the cross-section configuration shown in drawing 22, the end of this frame FR is fixed to a support plate M_e , and this support plate M_e is fixed to the equipment substrate M_f . And with the universal testing machine, the static load W_m was added in the direction of panel material P_o through Indenter M_d near the other end of the panel material P_i of Frame FR, the relation between an angle of bend (it computes in the variation rate of load point of application and the distance from the end face of this load point of application) and a load was measured, and the maximum bending moment and the amount of static energy-absorbing were calculated.

[0082] Drawing 23 is a graph which shows the relation of the angle of bend of a frame and the bending moment which were filled up with various fillers. In this graph, Curve a the property of a frame [having no filler (only in case of steel plate frame)] As for Curve b, Curve c the property of the frame filled up with epoxy resin B for the property of the frame filled up with epoxy resin A

Curve d The property of a frame that Curve e was filled up with wood (pine) for the property of the frame which was filled up with epoxy resin B and applied adhesives (car-body sealer of shear bonding strength 7.3MPa) between the panel material Po and Pi of Frame FR is shown, respectively. [0083] a bending moment value rises greatly so that it may start with the increment in an angle of bend, until an angle of bend is alike to some extent and reaches also about which curve so that the graph of this drawing 23 may show. And about curvilinear a-c and Curve e, a peak (the maximum point) is greeted with an certain angle of bend, respectively, and the bending moment falls as an angle of bend increases after that. in the case of Curve a (a filler -- nothing -- a steel plate frame), especially this fall degree is large.

[0084] On the other hand, in the case of Curve d (epoxy resin B+ adhesives), also after the bending moment goes up greatly, to the increment in an angle of bend, depression of the bending moment is not seen but is maintaining the high bending moment value. Moreover, the maximum bending moment value is also the largest among five curves. As compared with the curve c using the same filler (epoxy resin B), there is a clear difference about both magnitude of the inclination over the increment in an angle of bend, and the maximum bending moment.

[0085] That is, even if it uses the same filler, by fixing this filler with adhesives to the panel material of a frame shows that the bending moment property of a frame improves greatly.

[0086] Moreover, drawing 24 is a bar graph which shows the maximum bending moment [Nm] and the amount of energy-absorbing [J] of a frame which were filled up with the same various fillers as drawing 23. In this graph, each column of A-E shows the respectively same frame as curvilinear a-e of drawing 23. Moreover, in each column, a left-hand side numeric value (bar graph of void) shows the maximum bending moment [Nm] of a frame, and the right-hand side numeric value (bar graph of slash hatching) shows the amount of energy-absorbing of a frame [J].

[0087] As for the amount of energy-absorbing of a frame, what applied epoxy resin B+ adhesives (D column) is the largest, and it has a clear difference compared with the amount of energy-absorbing of the C column using the same filler (epoxy resin B) so that the graph of this drawing 24 may show well.

[0088] That is, even if it uses the same filler, by fixing this filler with adhesives to the panel material of a frame shows that the energy-absorbing property of a frame improves greatly.

[0089] Drawing 25 is a graph which shows the relation between the shear bonding strength of an adhesives layer, and the maximum bending moment. The maximum bending moment also increases as the shear bonding strength of an adhesives layer becomes large, so that the graph of this drawing 25 may show well, but if shear bonding strength is set to 3 or more MPas, the increment degree (inclination of the curve in a graph) of the maximum bending moment will be compared by then, and will become loose. That is, if the shear bonding strength of an adhesives layer is 3 or more MPas, it is possible to make the maximum bending moment which can pay a frame increase very effectively, to attain sufficient bending moment value, and to acquire high energy absorbing capacity. Therefore, as shear bonding strength of an adhesives layer, what is necessary is just 3 or more MPas. Moreover, if shear bonding strength becomes still larger and is set to 7 or more MPas, the increment degree of the maximum bending moment will be saturated. If it puts in another way and shear bonding strength will be 7 or more MPas, the bending moment value almost near maximum can be acquired. Therefore, it is still more desirable that the shear bonding strength of an adhesives layer is 7 or more MPas.

[0090] In addition, measurement of the above-mentioned shear bonding strength is JIS. K As it carries out based on "the **** shear bonding strength test method of adhesives" of 6850 and is shown in drawing 26 A steel plate with a width of face [of 25mm] and a thickness of 1.6mm is used as adherends 51 and 51. Put between a part for jointing (die length of 12.5mm) the filler 52 in the condition of not foaming, and it fixes to 0.5mm thickness. Heating (150 degree-Cx30 minutes -> 140-degree-Cx20 minutes -> 140-degree-Cx 20 minutes) which simulated desiccation heat, such as electropainting, in the condition of having clamped is performed. Then, shear bonding strength was measured by examining, where it foamed and the overflowing part is removed (it is also the same as when [also when there is an adhesives layer] there is nothing).

[0091] Next, the same static cantilever bending test as drawing 21 investigated what the relation between the angle of bend of a frame 60 and the bending moment would become by the case where

the part in the cross section with an equipped with the cross-section configuration shown in drawing 27 die length of 240mm of a frame 60 is filled up with a filler, and the case where the whole is filled up. In addition, the static load was added in the outer panel 62 direction from the inner panel 63 side.

[0092] What was specifically filled up with the filler only between the (b) outer panel 62 and the reinforcement 64, What was filled up with the filler only between the (b) inner panel 63 and the reinforcement 64, (Ha) What filled both between the outer panel 62 and a reinforcement 64 and between the inner panel 63 and a reinforcement 64 up with the filler, and the thing which has not been filled up with the (d) filler at all were produced, and it examined to them. this time -- the inner panel 63 used the steel plate with a thickness of 1.4mm, and, as for the reinforcement 64, the outer panel 62 used the steel plate with a thickness of 1.2mm for the steel plate with a thickness of 0.7mm, respectively. Moreover, as for a filler, the maximum flexural strength uses [average compressive strength] the epoxy resin (a filler, rubber, a curing agent, a foaming agent, etc. are included) of 10MPa(s) by 9MPa(s), and it was made for the filler itself to have the shear bonding strength of 10MPa(s). And the filler in sheet-like the condition of not foaming was made to fill up with holding at 170 degrees C for 30 minutes completely between the outer panel 62 and a reinforcement 64 and/or between the inner panel 63 and a reinforcement 64. In addition, as for the fill of a filler, between the outer panel 62 and reinforcements 64 was 117g, and between the inner panel 63 and reinforcements 64 was 423g.

[0093] The result of the above-mentioned bending test is shown in drawing 28 - drawing 30. Although what was filled up with the filler in [whole] the frame cross section is the best than this as for the maximum bending moment, if the bending moment of buckling initiation compares, what was filled up with the filler only between the outer panel 62 and the reinforcement 64 will hardly change to that with which it was filled up in [whole] the frame 60 cross section. Therefore, it is effective in especially the frame that needs to control bending like especially a center pillar, the bending moment per weight of a filler becomes very high, and it understands it are the most efficient to be filled up with a filler only between the outer panel 62 and a reinforcement 64 from a viewpoint of a fill.

[0094] then, when filled up with a filler only between the outer panel 62 of the above-mentioned frame 60, and a reinforcement 64, it investigated how the maximum bending moment would change with the amounts of clearances by changing the bending height of a reinforcement 64 by changing the amount of clearances between the outer panel 62 and a reinforcement 64 (here -- drawing 27 -- a 7mm part), and performing the same bending test as the above. And it investigated also about the case where it is not filled up with a filler at all for a comparison. In addition, the amount of clearances of the right-and-left both-sides section between the outer panel 62 and a reinforcement 64 (it is a 5mm part at drawing 27) was considered as as [5mm].

[0095] The result of the above-mentioned trial is shown in drawing 31. The maximum bending moment becomes high so that the amount of clearances is smaller than this, when not filled up with a filler, but when are filled up with a filler and the amount of clearances becomes smaller than 2mm, it hardly changes to the case where it is not filled up with a filler, but it turns out that 2mm or more, then a packing effect are fully acquired.

[0096] Subsequently, as shown in drawing 32 (a), the center pillar filled up with the filler 71 only between the outer panel 72 and the reinforcement 74 was produced (example 1). this time -- the inner panel 73 used the steel plate with a thickness of 1.4mm, and, as for the reinforcement 74, the outer panel 72 used the steel plate (since reinforcement is the same as the outer panel 72 since the ingredient is the same as the outer panel 72, and board thickness is larger than the outer panel 72, rigidity is larger than the outer panel 72) with a thickness of 1.2mm for the steel plate with a thickness of 0.7mm, respectively. Moreover, as for a filler 71, the maximum flexural strength uses [average compressive strength] the epoxy resin (a filler, rubber, a curing agent, a foaming agent, etc. are included) of 13.5MPa(s) by 13.0MPa(s), and it was made for filler 71 the very thing to have the shear bonding strength of 10.5MPa(s). And after assembling a center pillar, heating (150 degree-Cx30 minutes -> 140-degree-Cx20 minutes -> 140-degree-Cx 20 minutes) which simulated desiccation heat, such as electropainting, was performed, and foaming hardening of the filler in the condition of not foaming was carried out. In addition, the average foaming pore diameter of a filler 71 was 5mm or less, and the fill was 150g.

[0097] On the other hand, as shown in drawing 32 (b), while producing the same thing (example 1 of a comparison) as the above-mentioned example 1 except the point which is not filled up with the above-mentioned filler 71 at all for a comparison. That it should reinforce without being filled up with a filler 71 to this example 1 of a comparison, as shown in drawing 32 (c), what joined the reinforcing materials 75 who set thickness of a reinforcement 74 to 1.8mm, and become this reinforcement 74 from a steel plate with a thickness of 1.2mm (example 2 of a comparison) was produced.

[0098] And the same static cantilever bending test as the above was performed to each center pillar of the above-mentioned example 1 and the examples 1 and 2 of a comparison, and the relation between the angle of bend of a center pillar and the bending moment was investigated. In addition, the static load was added in the outer panel 72 direction from the inner panel 73 side.

[0099] The result of the above-mentioned center pillar bending test is shown in drawing 33 R> 3. this shows that the bending moment quite higher than the examples 1 and 2 of a comparison is acquired, and the center pillar of an example 1 is boiled markedly and can carry out [lightweight]-izing more moreover than the reinforcement approach of the example 2 of a comparison.

[0100] Next, it investigated how the average foaming pore diameter of a filler would affect the maximum bending load. As shown in drawing 34 R> 4, namely, between the steel plate 82 of 1mm thickness of two sheets, and 82 (spacing of 7mm) Produce a test piece, respectively by changing the particle size of a foaming agent and carrying out foaming restoration of the filler 71 used for the above-mentioned center pillar bending test, and the filler 81 which consists of same epoxy resin, and each of this test piece is received. One steel plate 82 is supported with the two supporting points 83 and 83 (distance between the supporting points of 80mm) like the above-mentioned simple substance bending test for investigating the maximum flexural strength. By pressing 82 at the rate of 10 mm/min by the indenter 84 of the steel plate R8 of another side in the center, the three-point bending test was performed in the autograph. And the maximum bending load was searched for from the load-displacement diagram. In addition, the average foaming pore diameter of each filler 81 chose from the largest thing 11 in the foaming pore which exists in the range (area: $0.7\text{cm} \times 8\text{cm} = 5.6\text{cm}^2$) surrounded in the shape of a rectangle with the alternate long and short dash line in drawing 34, and asked for them by taking the average of the pore diameter of 11 pieces.

[0101] The relation between the average foaming pore diameter of the above-mentioned filler and the maximum bending load is shown in drawing 35. This shows that the maximum bending load also becomes large as an average foaming pore diameter becomes small. And if an average foaming pore diameter is set to 5mm or less, the increment degree of the maximum bending load becomes loose compared with the case of being larger than 5mm, and if it is 4mm or less, it will be stabilized further.

[0102] Then, four kinds of center pillars from which only the average foaming pore diameter of a filler differs were produced in the example 1 used for the above-mentioned center pillar bending test. That is, what set the average foaming pore diameter of a filler to what was set to 1.4mm (example 2), the thing (example 3) set to 2.1mm, the thing (example 3 of a comparison) set to 5.6mm, and 6.8mm (example 4 of a comparison) was produced.

[0103] And the above-mentioned center pillar bending test and the same static cantilever bending test were performed to each center pillar of the above-mentioned examples 2 and 3 and the examples 3 and 4 of a comparison, and the relation between the angle of bend of a center pillar and the bending moment was investigated.

[0104] The result of this bending test is shown in drawing 36. Moreover, the relation between the average foaming pore diameter at this time and the maximum bending moment is shown in drawing 37. As for the maximum bending moment, this shows that the direction of the examples 2 and 3 with a small average foaming pore diameter becomes quite larger than the examples 3 and 4 of a comparison. Moreover, as for an average foaming pore diameter and the maximum bending moment, drawing 37 shows that the maximum bending moment value required as a center pillar is acquired, if an average foaming pore diameter is 5mm or less when it turns out that it has an abbreviation straight-line relation and guesses from this relation.

[0105]

[Effect of the Invention] As explained above, according to the frame structure of the car body of this

invention, a filler At least one side of average compressive strength's being 4 or more MPas and the maximum flexural strength being 10 or more MPas shall be filled. Lightweight-izing of a car body and improvement-ization of collision safety can be attained certainly, losing the lack of restoration of a filler and raising the productivity of a car body by having set the average foaming pore diameter of this filler, or the pitch diameter of the hollow-like particle in a filler as 5mm or less.

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-88740

(P2001-88740A)

(43) 公開日 平成13年4月3日(2001.4.3)

(51) Int.Cl.⁷

B 6 2 D 25/04

識別記号

F I

B 6 2 D 25/04

データベース(参考)

Z 3 D 0 0 3

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号

特願平11-265499

(22) 出願日

平成11年9月20日(1999.9.20)

(71) 出願人 000003137

マツダ株式会社

広島県安芸郡府中町新地3番1号

(72) 発明者 花川 勝則

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(72) 発明者 深堀 貢

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(74) 代理人 10007/931

弁理士 前田 弘 (外1名)

Fターム(参考) 3D003 AA04 AA05 AA10 BB01 CA17

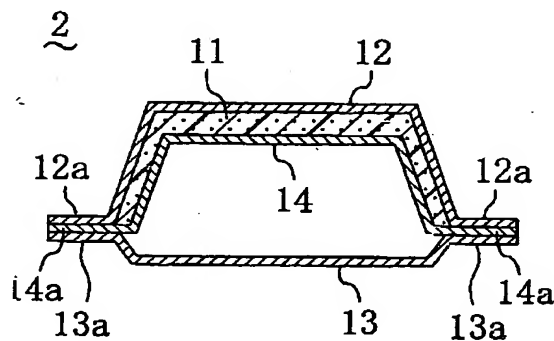
CA33 CA34 CA35 CA40

(54) 【発明の名称】 車体のフレーム構造

(57) 【要約】

【課題】 充填材11が発泡充填されたセンターピラー2において、充填不足にならないようにして生産性を向上させつつ、燃費性能と衝突安全性とを確実に向上させる。

【解決手段】 アウタパネル12とレインフォースメント14との間に充填材11を発泡充填し、その充填材11の平均圧縮強度を4MPa以上(好ましくは5MPa以上)に設定しかつ最大曲げ強度を10MPa以上(好ましくは60MPa以上)に設定すると共に、充填材11の平均発泡気孔径を5mm以下に設定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 フレーム断面の少なくとも一部を閉断面状に形成する閉断面部材を備え、該閉断面部材で囲まれた空間に充填材が発泡充填された車体のフレーム構造であって、

上記充填材は、平均圧縮強度が4 MPa以上であること及び最大曲げ強度が10 MPa以上であることの少なくとも一方を満たすものであり、

上記充填材の平均発泡気孔径が5 mm以下に設定されていることを特徴とする車体のフレーム構造。

【請求項2】 フレーム断面の少なくとも一部を閉断面状に形成する閉断面部材を備え、該閉断面部材で囲まれた空間に、中空状粒子が混入された充填材が充填された車体のフレーム構造であって、

上記充填材は、平均圧縮強度が4 MPa以上であること及び最大曲げ強度が10 MPa以上であることの少なくとも一方を満たすものであり、

上記充填材中の中空状粒子の平均径が5 mm以下に設定されていることを特徴とする車体のフレーム構造。

【請求項3】 請求項1又は2記載の車体のフレーム構造において、

充填材は、フレーム断面の外周縁部の少なくとも一部に設けられていることを特徴とする車体のフレーム構造。

【請求項4】 請求項3記載の車体のフレーム構造において、

充填材の厚さが、2～20 mmに設定されていることを特徴とする車体のフレーム構造。

【請求項5】 請求項3又は4記載の車体のフレーム構造において、

充填材は、車体衝突時に曲げモーメントが作用するフレームの断面において該曲げモーメントにより圧縮応力が発生する側の部分に設けられていることを特徴とする車体のフレーム構造。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、自動車等の車両における車体のフレーム構造に関する技術分野に属する。

【0002】

【従来の技術】従来より、この種のフレーム構造としては、例えばセンターピラーのように2つのパネル材（センターピラーではアウトパネルとインナパネル）によりフレーム断面が閉断面状に形成されたものがよく知られており、強度や剛性が特に必要な部分では、上記両パネル材間にレインフォースメントを設けて補強するようにしている。そして、このようなフレーム構造において、強度、剛性、衝撃エネルギー吸収性等のさらなる向上を図るには、上記パネル材やレインフォースメントの板厚を増加したり新たなレインフォースメントを追加したりするのが一般的である。

【0003】一方、例えば特開昭63-231913号

公報に示されているように、フレーム断面を閉断面状に形成する閉断面部材で囲まれた空間に、発泡ウレタンからなる充填材を発泡充填させることで、フレーム強度の向上を図るようにすることが提案されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、近年では、燃費性能を向上させることが要求されており、この要求を満たすためには、車体を軽量化にする必要がある。しかし、上述の如く、パネル材やレインフォースメントの板厚を増加する等の方法では、車体を軽量化することはできず、燃費性能と衝突安全性とを共に向上させることは困難である。

【0005】そこで、上記提案例（特開昭63-231913号公報）のように、軽量の発泡ウレタン等からなる充填材を閉断面部材で囲まれた空間に発泡充填させることで、車体を軽量化しつつ、衝突安全性の向上を図るようにすることが考えられる。

【0006】しかしながら、上記発泡ウレタン等からなる充填材は、衝撃荷重の作用に対してある程度以上の高い変形能を有するものであり、このような充填材を使用すると、衝撃荷重が荷重入力点からその周囲の閉断面部材に分散して伝達され難く、荷重入力点やその近傍でフレームが局部的に大きく変形するため、エネルギー吸収性を十分に向上させることはできないという問題がある。

【0007】また、充填材を発泡充填させる際、充填材量のばらつき等により充填不足にならないようにして生産性を向上させかつ軽量化するには、充填材の発泡率を高くすることが望ましいが、この発泡率を高くしようとすると、発泡気孔径が大きくなる傾向にあり、このため、大きな気孔により充填材と閉断面部材との実質的な接触面積が小さくなり、衝撃荷重を荷重入力点からその周囲の閉断面部材に分散させることがより一層困難になる。このことは、充填材中に、内部が中空であるガラスビーズ等のような中空状粒子を混入する場合も同様であって、その粒子径を大きくして軽量化と生産性の向上化を図ろうとすると、エネルギー吸収性の向上化は困難になる。

【0008】本発明は斯かる点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、上記のように閉断面部材で囲まれた空間に充填材が充填された車体のフレーム構造に対して、その充填材に工夫を凝らすことによって、車体の生産性を向上させつつ、燃費性能と衝突安全性とを確実に向上させようとするところにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、この発明では、充填材を、平均圧縮強度が4 MPa以上であること及び最大曲げ強度が10 MPa以上であることの少なくとも一方を満たすものとし、この充填材の平均発泡気孔径（又は充填材中の中空状粒子の平均

径)を5mm以下に設定するようにした。

【0010】具体的には、請求項1の発明では、フレーム断面の少なくとも一部を閉断面状に形成する閉断面部材を備え、該閉断面部材で囲まれた空間に充填材が発泡充填された車体のフレーム構造を対象とする。

【0011】そして、上記充填材は、平均圧縮強度が4MPa以上であること及び最大曲げ強度が10MPa以上であることの少なくとも一方を満たすものであり、上記充填材の平均発泡気孔径が5mm以下に設定されているものとする。

【0012】上記の構成により、閉断面部材において衝撃荷重の影響により折れ曲がって閉断面内側に進入する部分(座屈する部分)等に対応させて充填材を発泡充填させることで、その部分に局所的に加わる力を充填材を介してその周囲の閉断面部材に分散させることができ、その部分の折れ曲がりを抑制したり、折れ曲がるようにしながら衝撃エネルギーを効果的に吸収したりすることができる。そして、上記充填材について、平均圧縮強度が4MPa以上(最大曲げ強度が10MPa以上)としたのは、充填材の平均圧縮強度(最大曲げ強度)が大きくなるにつれて、フレームのエネルギー吸収量も増加するが、平均圧縮強度が4MPa以上(最大曲げ強度が10MPa以上)になるとエネルギー吸収量の増加度合いが飽和するからである。つまり、平均圧縮強度が4MPa以上であれば、フレームが局部的に変形して断面の潰れが生じることを最大限に抑制することができ、最大曲げ強度が10MPa以上であれば、フレームが局部的に大きく変形した場合でも、充填材の割れを抑制してフレームが脆性的に折損することを最大限に防止することができる。この結果、平均圧縮強度が4MPa以上であること及び最大曲げ強度が10MPa以上であることの少なくとも一方を満たす充填材を用いれば、最大値に近いエネルギー吸収量が得られ、衝突安全性を向上させることができる。しかも、充填材の平均発泡気孔径が5mm以下に設定されているので、充填材と閉断面部材との実質的な接触面積を良好に維持することができ、衝撃荷重を荷重入力点からその周囲の閉断面部材に確実に分散させることができる。一方、発泡気孔径を大きくしなくても、粒径の小さい発泡剤を比較的多く混入しておけば、充填材量のばらつき等による充填不足の発生を防止することができると共に、充填材を軽量化にすることができる。したがって、車体の生産性を向上させつつ、車体の軽量化と衝突安全性の向上化とを確実に図ることができる。尚、「平均圧縮強度」は、充填材を一辺30mmの立方体に加工したものに対して一方向から10mm/minの速度で圧縮荷重を加えたときにおいて変位量(圧縮量)が0~8mmの範囲での平均強度をいい、「充填材の平均発泡気孔径」は、発泡後の充填材における任意の断面において5.6cm²の枠内(形状は任意)に存在する発泡気孔のうち最も大きいものから11個を選択

したときに、その11個の気孔径の平均値をいう。

【0013】請求項2の発明では、フレーム断面の少なくとも一部を閉断面状に形成する閉断面部材を備え、該閉断面部材で囲まれた空間に、中空状粒子が混入された充填材が発泡された車体のフレーム構造を対象とする。

【0014】そして、上記充填材は、平均圧縮強度が4MPa以上であること及び最大曲げ強度が10MPa以上であることの少なくとも一方を満たすものであり、上記充填材中の中空状粒子の平均径が5mm以下に設定されているものとする。

【0015】この発明により、充填材を発泡充填させる場合と同様に、中空状粒子の平均径が5mm以下に設定されているので、充填材と閉断面部材との実質的な接触面積を良好に維持することができ、衝突安全性を向上させることができる。一方、中空状粒子の平均径をそれほど大きくしなくても、小径の中空状粒子を多く混入しておけば、軽量化及び生産性向上化を図ることができる。よって、請求項1と同様の作用効果が得られる。尚、「中空状粒子の平均径」は、充填材の任意の断面において5.6cm²内に存在する中空状粒子のうち最も大きいものから11個を選択したときに、その11個の粒子径の平均値をいう。

【0016】請求項3の発明では、請求項1又は2の発明において、充填材は、フレーム断面の外周縁部の少なくとも一部に設けられているものとする。

【0017】このことで、充填材がフレーム断面全体になくても、充填材をフレーム断面の外周縁部に設けることにより効果的に補強することができ、しかも、充填材量が少なく済み、より一層軽量化することができる。また、このように充填材がフレーム断面の一部にしかない場合には、特に充填材と閉断面部材との実質的な接触面積を確保しないと、補強効果が十分に得られなくなるが、この発明では、充填材と閉断面部材との実質的な接触面積を良好に維持することができ、衝突安全性を十分に向上させることができる。

【0018】請求項4の発明では、請求項3の発明において、充填材の厚さが、2~20mmに設定されているものとする。

【0019】こうすることで、充填材の厚さは、2mmよりも小さいと、充填材の充填効果が低くて充填材を充填しない場合と殆ど変わらなくなる一方、20mmよりも大きいと、軽量化効果が小さくなると共に、充填材量のばらつき等により充填不足になる可能性が高くなるので、2~20mmに設定している。

【0020】請求項5の発明では、請求項3又は4の発明において、充填材は、車体衝突時に曲げモーメントが作用するフレームの断面において該曲げモーメントにより圧縮応力が発生する側の部分に設けられているものと

する。

【0021】このことにより、充填材がフレーム断面の

一部にしかなくとも、充填材による補強効果を最大限に発揮させることができ、フレームの折れ曲がりを良好に抑制することができる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。図1は、本発明の実施形態に係るフレーム構造が適用されたセンタービラー2（フレーム）を備えた自動車車体1の全体構成を示す。このセンタービラー2は、車体1の左右両側部の前後方向略中央部において略上下方向に延び、その上端部は、車室ルーフ部の左右両側部において前後方向に延びるルーフサイドレール3に接合され、下端部は、車室フロア部の左右両側部において前後方向に延びるサイドシル4に接合されている。そして、上記センタービラー2のベルトライン部ないしその近傍には、後述の如く充填材11（図2及び図3参照）が設けられており、車体1の側突時に衝撃荷重Asが入力されても、ベルトライン部が折れて車室側に進入するのを抑制するようにしている。尚、図1中、5はフロントビラーであり、6はリヤビラーである。

【0023】上記センタービラー2は、図2及び図3に示すように、車体外側に位置する鋼板等からなるアウトパネル12と、車体内側に位置する鋼板等からなるインナパネル13と、該アウトパネル12とインナパネル13との間でかつセンタービラー2断面（フレーム断面）内に設けられた鋼板等からなるレインフォースメント14とを備えている。このアウトパネル12、インナパネル13及びレインフォースメント14は、各々、その左右両側部（車体1前後両側部）にフランジ部12a、12a、13a、13a、14a、14aを有していて、該各フランジ部12a、13a、14a同士がスポット溶接により接合されることで互いに一体化されている。すなわち、上記アウトパネル12とレインフォースメント14とは、センタービラー2断面の外周縁部の一部（車体外側部）を閉断面状に形成する閉断面部材であり、インナパネル13とレインフォースメント14とは、センタービラー2断面の中心部及び外周縁部の車体内側部を閉断面状に形成する閉断面部材である。そして、アウトパネル12及びレインフォースメント14は共に断面略コ字状をなし、その両者間の空間も断面略コ字状をなしている。

【0024】上記センタービラー2のベルトライン部ないしその近傍においてアウトパネル12とレインフォースメント14との間の空間（閉断面部材で囲まれた空間）には、例えばエポキシ樹脂からなる充填材11が充填されている。つまり、この充填材11は、センタービラー2断面内全体ではなく、その断面において外周縁部の一部であって上記衝撃荷重Asが入力される側の部分、又はその衝撃荷重Asに起因してセンタービラー2に作用する曲げモーメントにより圧縮応力が発生する側の部分（センタービラー2の中立軸よりも車体外側）

のみに充填されていて、断面略コ字状をなしている。上記充填材11の平均圧縮強度は4MPa以上（好ましくは5MPa以上）に設定されていると共に、最大曲げ強度は10MPa以上（好ましくは60MPa以上）に設定されている。これは、平均圧縮強度が4MPa以上であれば、センタービラー2に上記衝撃荷重Asが入力されてもセンタービラー2のベルトライン部が局部的に変形して断面の潰れが生じることを最大限に抑制することができ、最大曲げ強度が10MPa以上であれば、たとえセンタービラー2が局部的に大きく変形した場合でも、充填材11の割れを抑制してセンタービラー2が脆性的に折損することを最大限に防止することができるからであり、平均圧縮強度を5MPa以上としかつ最大曲げ強度を60MPa以上とすればその効果がより安定的に得られるからである。尚、上記平均圧縮強度は、充填材11を一辺30mmの立方体に加工したものに対して一方向から10mm/minの速度で圧縮荷重を加えたときにおいて変位量（圧縮量）が0～8mmの範囲での平均強度をいう（図6参照）。

【0025】上記充填材11は、図4（a）に模式的に示すように、その内部に発泡により生じた多数の発泡気孔11a、11a、…を有しており、この平均発泡気孔径は5mm以下（好ましくは4mm以下）に設定されている。これは、平均発泡気孔径が5mm以下であれば、5mmよりも大きい場合の図4（b）と比較すれば判るように、充填材11とアウトパネル12との実質的な接触面積が発泡気孔11aによりそれ程減少しないため、後述の如く衝突安全性を確実に向上させることができるからである。尚、上記充填材11の平均発泡気孔径は、発泡後の充填材11における任意の断面において5、6cm²の枠内（形状は任意）に存在する発泡気孔11aのうち最も大きいものから11個を選択したときに、その11個の気孔径の平均値をいう。

【0026】次に、上記センタービラー2を組み立てる方法を説明する。まず、図5（a）に示すように、レインフォースメント14のアウトパネル12側面の所定部分にシート状に加工した未発泡状態の充填材10を貼り付けてセットする。この未発泡状態の充填材10には発泡剤や硬化剤が混入されており、この発泡剤は、発泡硬化後の充填材11の平均発泡気孔径が5mm以下となるようにその粒径（一般に、発泡剤の粒径を小さくすればするほど平均発泡気孔径は小さくなる）や混入量が設定されている（尚、平均発泡気孔径は、発泡剤の材料や発泡条件によっても調整できる）。

【0027】その後、図5（b）に示すように、上記充填材10を貼り付けたレインフォースメント14をアウトパネル12にセットし、両者のフランジ部12a、14a同士をスポット溶接により接合する。そして、図5（c）に示すように、上記レインフォースメント14に対してインナパネル13をセットして該インナパネル1

3のフランジ部13aをレインフォースメント14のフランジ部14aにスポット溶接により接合することで、センターピラー2の組立てが完了する。

【0028】次いで、車体1全体の組立てを完成させた後、その車体1を電着液に浸漬させて電着塗装を行い、その後に180℃雰囲気中に35分間投入してその電着塗装の乾燥を行う（センターピラー2の最低温度は150℃程度になる）。そして、車体シーラを塗布し、140℃雰囲気中に20分間投入してその車体シーラを乾燥させ（センターピラー2の温度は100℃程度）、続いて、中途塗装を行い、140℃雰囲気中に40分間投入してその中途塗装の乾燥を行い（センターピラー2は140℃で20分間加熱されたことになる）、次いで、上塗塗装を行い、140℃雰囲気中に40分間投入してその上塗塗装の乾燥を行う（センターピラー2は140℃で20分間加熱されたことになる）。この電着塗装等の乾燥時に、上記充填材10をその乾燥熱により加熱することで、アウトパネル12とレインフォースメント14との間に完全に発泡充填させる。このように未発泡状態の充填材10を電着塗装等の乾燥熱により発泡硬化させるので、発泡工程を別途に設ける必要がなく、生産性を高めることができる。尚、電着塗装の乾燥工程で上記充填材10の発泡が完了すると共に半分程度が硬化し、中途塗装及び上塗塗装の乾燥工程で残りが硬化する（車体シーラの乾燥工程では、センターピラー2の温度が低過ぎて充填材10は殆ど硬化しない）。

【0029】上記車体1に対して側突がなされた場合、衝撃荷重Asによりセンターピラー2におけるアウトパネル12のベルトライン部には、折れ曲がって（座屈して）断面内側に進入しようとする大きな力が局所的に作用することがある。しかし、この実施形態では、そのような力がアウトパネル12に作用したとしても、その力を充填材11を介して周囲に分散させることができる。このとき、充填材11の平均発泡気孔径が5mm以下に設定されているので、充填材11とアウトパネル12との実質的な接触面積を良好に維持することができ、衝撃荷重を荷重入力点からその周囲のアウトパネル12に確実に分散させることができる。しかも、その充填材11の平均圧縮強度が4MPa以上に設定され、最大曲げ強度が10MPa以上に設定されているので、最大値に近いエネルギー吸収量が得られ、センターピラー2の折れ曲がりを最大限に抑制することができる。一方、充填材11は、センターピラー2断面内全体ではなく、アウトパネル12とレインフォースメント14との間にしか設けられていないが、座屈開始の曲げモーメントは、センターピラー2断面内全体に設ける場合と殆ど変わらないので、少ない充填量で効果的に衝撃エネルギーを吸収することができる。また、未発泡状態の充填材10に、粒径の小さい発泡剤を比較的多く混入しておけば、充填材10の量ばらつき等による充填不足の発生を防止するこ

とができ、充填材11を必要部分に完全に発泡充填させることができると共に、充填材11を軽量化にすることができる。よって、車体1の生産性を向上させつつ、車体1の軽量化と衝突安全性の向上化とを確実に図ることができる。

【0030】ここで、上記実施形態において、充填材11の平均発泡気孔径は0.1mm以上であることが望ましい。すなわち、平均発泡気孔径が小さいほど充填材11とアウトパネル12との実質的な接触面積が良好に維持され、センターピラー2が負担し得る最大曲げモーメント値は大きくなるが、平均発泡気孔径が0.1mmよりも小さいと、発泡剤の粒子径が小さくなり過ぎて未発泡状態の充填材10中に発泡剤を混練することが困難になると共に、発泡時に発泡剤粒子間の間隔が小さくなって複数の発泡気孔11aが繋がることで、却って気孔径が大きくなる可能性があるからである。

【0031】また、上記レインフォースメント14の強度（引張強さ、耐力）及び剛性の少なくとも一方は、アウトパネル12と同等以上に設定することが望ましい。つまり、レインフォースメント14の強度及び剛性の両方がアウトパネル12よりも小さいと、アウトパネル12のベルトライン部が折れ曲がって断面内側に進入しようとするときに、レインフォースメント14が局所的に座屈変形してアウトパネル12が充填材11と共に断面内側に進入してしまうが、このようにレインフォースメント14の強度及び剛性の少なくとも一方がアウトパネル12と同等以上であれば、アウトパネル12の断面内側への進入（折れ曲がり）をより一層確実に抑制することができる。

【0032】さらに、上記充填材11充填部分におけるアウトパネル12とレインフォースメント14との間の隙間量（充填材11の厚み）は2mm以上（好ましくは3mm以上）に設定することが望ましい。これは、充填材11を充填しない場合には上記隙間量は小さいほどセンターピラー2が負担し得る最大曲げモーメント値は大きくなるが、充填材11を充填する場合に上記隙間量が2mmよりも小さいと、充填材11の充填効果が低くて充填材11を充填しない場合と殆ど変わらなくなるからである。一方、上記隙間量は、20mmよりも大きいと、軽量化効果が小さくて、コスト面で不利になると共に、充填材10の量ばらつき等により充填不足になる可能性が高くなるので、20mm以下に設定することが望ましい。

【0033】また、上記充填材11とアウトパネル12との間の少なくとも一部には、3MPa以上のせん断接着強さを有する接着剤層（車体シーラ等）を設けることが望ましい。これは、アウトパネル12に局所的に加わる力を充填材11を介してその周囲により確実に分散させることができると共に、接着剤層によりセンターピラー2が負担し得る最大曲げモーメント値を効果的に高め

ることができ、また、上述の如くレインフォースメント14の強度及び剛性の少なくとも一方をアウトパネル12と同等以上にした場合には、アウトパネル12が断面内側に進入することも断面外側に張り出すこともできず、アウトパネル12の折れ曲がりを有効に防止することができるからである。そして、接着剤層を設ける代わりに、充填材11自体が、アウトパネル12に対して3MPa以上のせん断接着強さを有するようにしてもよく、こうすれば、接着剤層を別途に設けなくても済み、容易に上記効果が得られる。このように充填材11とアウトパネル12とを接着する場合（特に充填材11自体がせん断接着強さを有するようにした場合）に、充填材11の平均発泡気孔径が5mmよりも大きいと、十分な接着力が得られずに、上記のような接着効果が得られなくなるが、上記実施形態のように5mm以下にしておけば、上記接着効果が最大限に得られる。尚、充填材11とアウトパネル12との間だけでなく、充填材11とインナパネル13との間の少なくとも一部にも接着剤層を設けるようにしてもよい。

【0034】加えて、上記充填材11は、センターピラー2長手方向において、センターピラー2の荷重支持点間（ルーフサイドレール3に接合された上端部とサイドシル4に接合された下端部との間）の長さに対して15%以上の長さの範囲に充填されていることが望ましい。すなわち、充填材11の充填範囲が大きくなるにつれてエネルギー吸収量は増大するが、荷重支持点間の長さに対して15%で略飽和する。したがって、15%以上の長さの範囲に充填すれば、略最大値に近いエネルギー吸収量が得られる。

【0035】尚、上記実施形態では、充填材11は、平均圧縮強度が4MPa以上（好ましくは5MPa以上）でかつ最大曲げ強度が10MPa以上（好ましくは60MPa以上）に設定されたものとしたが、平均圧縮強度が4MPa以上（好ましくは5MPa以上）又は最大曲げ強度が10MPa以上（好ましくは60MPa以上）に設定されたものとしてもよい。このようにしても衝突安全性を十分に向上させることができる。そして、アウトパネル12とレインフォースメント14との間に充填された充填材11を、アウトパネル12側（衝突荷重入力側）とレインフォースメント14側（反衝突荷重入力側）との2層で構成し、そのアウトパネル12側には平均圧縮強度が4MPa以上（好ましくは5MPa以上）のものを配置し、レインフォースメント14側には最大曲げ強度が10MPa以上（好ましくは60MPa以上）のものを配置するようにしてもよい。こうすれば、アウトパネル12側に直接的に作用する圧縮荷重と、レインフォースメント14側に作用する曲げ荷重とを各層の充填材11によりそれぞれ有効に負担することができ、その各充填材11に対して最も効果的な特性を付与して、効率的な補強を行うことができる。

【0036】また、充填材11は、必ずしも発泡材である必要はなく、発泡材でない場合には、充填材11中に、内部が中空であるガラスビーズや樹脂成形品等のような中空状粒子を混入することで、発泡材と同様に、軽量化と生産性向上を図ることができる。そして、この場合でも、中空状粒子の平均径（充填材11の任意の断面において5.6cm²の枠内（形状は任意）に存在する中空状粒子のうち最も大きいものから11個を選択したときに、その11個の粒子径の平均値をいう）を5mm以下に設定すれば、上記実施形態と同様の作用効果が得られる。

【0037】さらに、上記実施形態では、充填材11を、アウトパネル12とレインフォースメント14との間のみに発泡充填させたが、インナパネル13とレインフォースメント14との間にも発泡充填させるようにしてもよく、レインフォースメント14がない場合には、アウトパネル12とインナパネル13との間に充填材11を発泡充填させるようにしてもよい。

【0038】加えて、上記実施形態では、本発明のフレーム構造をセンターピラー2に適用したが、センターピラー2以外のピラー部材（上記フロントピラー5やリヤピラー6）にも適用することができる。また、その他にも、車体1の左右両側において前後方向に延びるフレーム部材（フロントサイドフレーム、リヤサイドフレーム、上記ルーフサイドレール3、サイドシル4等）、この左右のフレーム部材を連結する連結部材（クロスメンバ等）、ドア本体部の補強部材（インパクトバー等）、バンパの補強部材（バンパレインフォースメント等）等にも適用することができる。そして、前突時の衝撃荷重A_fや後突時の衝撃荷重A_r（図1参照）等により曲げモーメントが作用するフレームの折れ曲がりを抑制しようとする場合には、上記実施形態のセンターピラー2のように、充填材11を、そのフレーム断面の外周縁部において少なくとも上記曲げモーメントにより圧縮応力が発生する側の部分に設ければよく（フレーム断面の外周縁部全周でもよく、フレーム断面全体でもよい）、フレームを折れ曲がるようにしつつ衝撃エネルギーを効果的に吸収しようとする場合には、充填材11を、フレーム断面において曲げモーメントにより引張応力が発生する側の部分に設けてもよい。

【0039】

【実施例】次に、具体的に実施した実施例について説明する。

【0040】先ず、充填材そのものについて（つまりフレーム断面内に充填された状態ではなく、充填材自体について）、その基礎的な物理的及び機械的特性を調べた。すなわち、表1に示す6種類の材料について、各々その密度を調べると共に、平均圧縮強度及び最大曲げ強度を試験によって求めた。尚、上記密度は、いずれの材料についても、室温（約20℃）における値を調べた。

【0041】表1の各材料中、発泡ウレタン樹脂は硬度が 8 kg/cm^2 のものを、A1発泡体はアルミニウム発泡材を、木材は松を、A1塊は棒状のアルミニウム材を、レインフォースメントは、一般的にフレーム断面内に設けられる厚さ1mmの鋼板 (SPCC; 以下、この実施例では、鋼板は全てSPCC) 製の補強材をそれぞれ使用した。

【0042】尚、上記レインフォースメントの密度は、後述する図7に示すようなフレーム断面内に配設された

レインフォースメント重量と、該レインフォースメント配設部分に対応するフレームの容積から、フレーム内換算密度として算出したものである。また、発泡ウレタンの平均圧縮強度、並びにレインフォースメントの平均圧縮強度及び最大曲げ強度については、いずれも値が低すぎて計測することができなかった。

【0043】

【表1】

材 質	密 度 (g/cm^3)	平均圧縮強度 (MPa)	最大曲げ強度 (MPa)
発泡ウレタン	0.09	0.6	-
A1発泡体	0.29	1.9	2.4
木材	0.41	2.5	59.2
エポキシ樹脂A	0.50	3.0	3.7
エポキシ樹脂B	0.50	9.0	11.0
A1塊	2.67	234	586
レインフォースメント	0.61	-	-

【0044】各充填材の平均圧縮強度を調べるための単体圧縮試験は、以下のようにして行った。すなわち、各材料の供試材を一边30mmの立方体に加工してそれぞれ試験片を作製し、これに対して一方向から10mm/minの速度で圧縮荷重を加え、図6において模式的に示すように、変位量 (圧縮量) が0~8mmの範囲での平均荷重を求めてこれを充填材の平均圧縮強度とした。

【0045】また、各充填材の最大曲げ強度を調べるための単体曲げ試験は、以下のようにして行った。すなわち、各材料の供試材を、幅50mm×長さ150mm×厚さ10mmの平板状に加工してそれぞれ試験片を作製し、各充填材の試験片について、支点間距離を80mmとし、その中央をR8の圧子で10mm/minの速度で押圧することにより、所謂オートグラフにて三点曲げ試験を行った。そして、その荷重-変位線図から各充填材の最大曲げ強度を算出した。

【0046】上記表1の各充填材の密度のデータ及びコスト、軽量化効果等から、車体フレームのフレーム断面内に充填する充填材の密度としては、 1.0 g/cm^3 以下が適当であり、好ましくは、 0.6 g/cm^3 以下であれば、さらに軽量化効果が期待できる。

【0047】次に、上記各充填材をフレームの所定部分の内部空間に充填して、フレームの主としてエネルギー吸収特性を評価する試験を行った。

【0048】先ず、フレームを構成するパネル材としては、板厚1mmの鋼板を用いた。この鋼板の引張強さは 292 N/mm^2 であり、降伏点は 147 N/mm^2 であり、伸びは50.4%であった。

【0049】上記鋼板を用いて、図7に示すように、片側が開口した断面コ字状のパネル材P_oと平板状のパネ

ル材P_iとを片ハット状に組み合わせ、その重合部分L_f (フランジ部) について60mmピッチでスポット溶接を行って最終的に組み立てた。

【0050】尚、図7において仮想線で示すように、フレーム断面内にレインフォースメントR_fを配設した場合、このレインフォースメントR_fの材料はフレームFRのパネル材P_i、P_oの材料と同じものを用いた。この場合、レインフォースメントR_fの両フランジ部 (不図示) は、両パネル材P_i、P_oのフランジ部 (重合部分L_f) に挟み込んだ上で、三枚重ねにしてスポット溶接で組み立てた。

【0051】上記フレームFRの所定部分の内部空間に表1の各充填材をそれぞれ充填して各種の機械的試験を行い、平均圧縮強度又は最大曲げ強度とエネルギー吸収性との関係を調べた。

【0052】先ず、フレームの静的三点曲げ試験を実施した。図8は、フレームFRの静的三点曲げ試験を行う試験装置を模式的に示す説明図である。また、図9は、この静的三点曲げ試験装置の要部を拡大して示す説明図である。

【0053】図7において実線で示す断面形状を備えた所定長さのフレームFRの断面内に充填材SをE_f=50~300mmの長さにわたって充填し、万能試験機により、圧子M_aを介してフレームFRの中央に静的荷重W_sを加え、図10に示すように、変位量0~45mmの範囲での荷重-変位を測定し、静的エネルギー吸収量を求めた。

【0054】上記試験結果を図11~図14のグラフに示す。先ず、図11は、充填材質量とエネルギー吸収量との関係を表したものである。この図11において、黒

丸印(●)は木材を、黒四角印(■)はエポキシ樹脂Aを、それぞれ充填した場合を示し、また、白三角印(△)は鋼板レインフォースメント(板厚1.0mm)をフレーム断面内に設けた場合を示している。尚、白丸印(○)は、板厚1.6mmの鋼板の場合を参考までに示したものである。

【0055】このグラフ(図11)から良く判るように、木材及びエポキシ樹脂Aのいずれにおいても、充填材Sの充填質量が増えるに連れて吸収エネルギーが高くなり、試験装置の両支点Msで支持されたフレーム部分が潰れた状態で最大値を示した。また、木材やエポキシ樹脂等の充填材Sを用いた場合、レインフォースメントを設けただけの場合に比べて、同等のエネルギー吸収量を得るのに、はるかに少ない充填質量で済む。

【0056】このように、フレーム断面内に充填材Sを充填することにより、レインフォースメントRfを設けただけの場合に比べて、フレームFRのエネルギー吸収性が大幅に向上することが確認できた。

【0057】また、図12は充填材Sの平均圧縮強度とエネルギー吸収量との関係を示したもので、グラフの横軸は対数目盛である。この測定においては、各充填材Sの充填長さEfを50mmとした。充填長さがこの程度以下の場合には、充填材Sは殆ど曲げ作用を受けることはなく、そのエネルギー吸収性は圧縮強度との相関性が非常に強くなる。尚、図12において、a1点、a2点、a3点、a4点及びa5点は、それぞれウレタン樹脂、A1発泡体、木材、エポキシ樹脂A及びA1塊についてのデータであることを示している。

【0058】この図12のグラフから良く判るように、充填材Sの平均圧縮強度が大きくなるにつれてエネルギー吸収量も増加するが、平均圧縮強度が4MPa以上になるとフレームFRのエネルギー吸収量の増加度合いは飽和する。換言すれば、平均圧縮強度が4MPa以上であれば、ほぼ最大値に近いエネルギー吸収量を得ることができる。

【0059】特に、平均圧縮強度が5MPa以上になれば、フレームFRのエネルギー吸収量の増加度合いはより安定して飽和し、最大値に近いエネルギー吸収量をより安定して得ることができる。

【0060】さらに、図13は充填材Sの最大曲げ強度とエネルギー吸収量との関係を示したもので、また、図14は、図13のグラフにおける最大曲げ強度80MPa以下の部分を拡大して示すものである。この測定においては、各充填材Sの充填長さEfを100mmとした。充填長さが100mm程度にまで増加すると、充填材の曲げ強度もフレームFRのエネルギー吸収性の向上に大きく寄与するようになる。尚、図13及び図14において、b1点、b2点、b3点及びb4点は、それぞれA1発泡体、エポキシ樹脂A、木材及びA1塊のデータであることを示している。

【0061】これらのグラフから良く判るように、充填材Sの最大曲げ強度が大きくなるにつれてエネルギー吸収量も増加するが、最大曲げ強度が10MPa以上になると(特に図14参照)フレームFRのエネルギー吸収量の増加度合いは飽和する。換言すれば、最大曲げ強度が10MPa以上であれば、ほぼ最大値に近いエネルギー吸収量を得ることができる。

【0062】特に、最大曲げ強度が60MPa以上になれば、フレームFRのエネルギー吸収量の増加度合いはより安定して飽和し、最大値に近いエネルギー吸収量をより安定して得ることができる。

【0063】以上の静的エネルギー吸収性の試験において、フレーム断面内に充填材が充填されていない場合には、図15に示すように、フレームFRは荷重Wsの入力点で局部的に大きく変形する。これに対して、フレーム断面内に充填材が充填されている場合には、図16に示すように、入力荷重Wsは、入力点だけでなく、長さEfの範囲で充填された充填材Sを介してフレームFRの充填部分周辺に分散されることになる。すなわち、充填材Sを内部に充填することにより、フレームは、局部的に大きな変形が生じることなく、広範囲にわたって変形することになる。これにより、吸収エネルギーも飛躍的に増加するものと考えられる。

【0064】尚、このときの充填材Sの単体のエネルギー吸収量を計算によって求めると、全吸収エネルギーの7%以下であった。このことから、充填材SをフレームFR内に充填することによるエネルギー吸収性の向上は、充填材S自体のエネルギー吸収性よりも、充填材Sによる荷重分散効果が非常に大きく寄与していることが理解できる。

【0065】また、図11のグラフにおいて、特に、エネルギー吸収量の上限を示す木材を充填したフレームについて、試験後のフレームの状態を目視観察すると、試験装置の両支点Msで支持されたフレーム部分がほぼ完全に潰れた状態となっていた。つまり、本フレームFRでの最大のエネルギー吸収がこの支点Msによる支持部分の潰れによるものであると考えられる。したがって、この場合、充填材Sの役割は入力荷重Wsを支点部分に分散させることにあると言える。

【0066】さらに、充填長さEf=50mmで各充填材をそれぞれ充填した各フレームについて、試験後のフレーム断面の潰れ状態を目視観察すると、エネルギー吸収性が比較的低いもの(レインフォースメントRfのみ、ウレタン樹脂及びA1発泡体)ではフレーム断面が荷重入力点でほぼ完全に潰れており、一方、エネルギー吸収性が比較的高いもの(エポキシ樹脂、木材及びA1塊)ではフレーム断面は荷重入力点で余り潰れていなかった。

【0067】この荷重入力点でのフレーム断面の潰れは、充填材Sの圧縮強度が大きく寄与しており、上述の

ように、充填材Sの平均圧縮強度が増すにつれてエネルギー吸収量が増加し、約4MPaで飽和し、約5MPaでより安定して飽和している(図12参照)。

【0068】このことから、断面の潰れはフレームのエネルギー吸収性能に大きく影響しており、断面が潰れると応力集中が生じて局部的な変形を加速し、フレームFRの折れを招来して、十分なエネルギー吸収量を確保することができなくなるものと考えられる。

【0069】フレームFR内に充填された充填材Sへの圧縮荷重は、特に荷重入力側に直接的に作用するので、充填材Sの平均圧縮強度は、特に荷重入力側において上記断面の潰れを防ぐに足る値(4MPa以上)に維持されることが好ましい。

【0070】また、上述のように、充填材Sの充填長さEfが一定以上長くなると、充填材Sの平均圧縮強度がほぼ同等であってもエネルギー吸収性に差が生じる。充填材Sの充填長さEfを100mmとした場合においてエネルギー吸収量が比較的低かったエポキシ樹脂Aを充填したフレームの断面を目視観察すると、充填材(エポキシ樹脂)に割れが生じていた。この割れに対しては最大曲げ強度が大きく影響しており、この最大曲げ強度が高くなるにつれてエネルギー吸収量が増加し、約10MPaで飽和し、約60MPaでより安定して飽和していた(図13及び図14参照)。

【0071】フレームFR内に充填された充填材Sへの曲げ荷重は、特に反荷重入力側に直接的に作用するので、上記充填材Sの最大曲げ強度は、特に反荷重入力側において上記充填材の割れを防ぐに足る値(10MPa以上)に維持されることが好ましい。

【0072】尚、以上のことから、フレームFR内に充填材Sを充填する場合、充填材Sを異なる充填材で成る多層構造とし、荷重入力側には平均圧縮強度が所定値(少なくとも4MPa)以上の充填材層を設け、反荷重入力側には最大曲げ強度が所定値(少なくとも10MPa)以上の充填材層を設けるようにすれば、非常に効率良くフレームFRのエネルギー吸収性を高めることができる。

【0073】上述の静的三点曲げ試験に続いて、フレームの動的三点曲げ試験を実施した。図17は、フレームFRの動的三点曲げ試験を行う試験装置を模式的に示す説明図である。上記静的三点曲げ試験の場合と同様に、図7において実線で示す断面形状を備えた所定長さのフレームFRの断面内に充填材SをEf=50~300mmの長さにわたって充填し、落錘Mbによりフレーム中央部分に衝撃荷重Wdを与えた場合のフレームFRの変形量を測定すると共に、衝撃荷重をロードセルMcで測定し、図18に示すように、変位量0~45mmの範囲でのエネルギー吸収量を求めた。

【0074】図19は、上記動的三点曲げ試験における充填材長さエネルギー吸収量との関係を示したもので

ある。この図19において、黒丸印(●)は木材を、黒四角印(■)はエポキシ樹脂Aをそれぞれ充填した場合を示している。

【0075】このグラフ(図19)から良く判るように、静的三点曲げ試験の場合と同様に、木材及びエポキシ樹脂Aのいずれにおいても、充填材Sの充填量が増えるにつれて吸収エネルギーが高くなり、また、エネルギー吸収量の上限が認められ、その値は約0.85kJであった。

【0076】このように、動的荷重Wdについても、フレーム断面内に充填材Sを充填することにより、フレームFRのエネルギー吸収性が向上することが確認できた。

【0077】また、静的荷重Wsの場合と動的荷重Wdの場合とを比較すると、動的荷重Wdに対する方がエネルギー吸収量は大きく、静的荷重Wsに対する場合の約1.7倍であった。

【0078】さらに、以上で得られた静的荷重Ws及び動的荷重Wdそれぞれにおけるエネルギー吸収性のデータから、静的荷重Wsの場合と動的荷重Wdの場合との比(静動比)を算出すると、非常に高い相関性が認められた。したがって、静的荷重Wsにおけるエネルギー吸収性について行った考察(充填材Sによる荷重分散効果等)は、基本的には、動的荷重Wdにおけるエネルギー吸収性を取り扱う場合にも、適用することができるものと考えられる。

【0079】図20は、上記動的三点曲げ試験において、フレーム断面内にレインフォースメントRfのみが設けられた場合に対するエネルギー吸収性の向上率と、充填材Sの充填長さ範囲(荷重支点間距離に対する充填長さ割合)との関係を示すグラフである。この図20において、白丸印(○)は木材を、白三角印(△)はエポキシ樹脂Aをそれぞれ充填した場合を示している。

【0080】このグラフ(図20)から良く判るように、木材及びエポキシ樹脂のいずれにおいても、充填材Sの充填長さ範囲が大きくなるにつれて吸収エネルギーが高くなるが、約15%でほぼ飽和する。換言すれば、充填材Sの充填長さ範囲が荷重支点間距離に対して15%以上あれば、ほぼ最大のエネルギー吸収量を得ることができる。したがって、充填材Sの充填範囲としては、荷重支点間距離に対して15%以上であることが好ましい。

【0081】図21は、フレームの静的片持ち曲げ試験を行う試験装置を模式的に示す説明図である。図22に示す断面形状を備えた所定長さのフレームFRの断面内に充填材Sを充填した上で、このフレームFRの一端を支持板Meに固定し、この支持板Meを装置基板Mfに固定する。そして、万能試験機により、フレームFRのパネル材Piの他端近傍に圧子Mdを介して静的荷重Wmをパネル材Po方向に加え、曲げ角度(荷重作用点の

変位とこの荷重作用点の基端からの距離とで算出)と荷重との関係を測定し、最大曲げモーメント及び静的エネルギー吸収量を求めた。

【0082】図23は、種々の充填材を充填したフレームの曲げ角度と曲げモーメントとの関係を示すグラフである。このグラフにおいて、曲線aは充填材なし(鋼板フレームのみ)のフレームの特性を、曲線bはエポキシ樹脂Aを充填したフレームの特性を、曲線cはエポキシ樹脂Bを充填したフレームの特性を、曲線dは、エポキシ樹脂Bを充填したフレームFRのパネル材PoとPiとの間に接着剤(せん断接着強さ7.3MPaの車体シーラ)を適用したフレームの特性を、曲線eは木材(松)を充填したフレームの特性をそれぞれ示している。

【0083】この図23のグラフから判るように、いずれの曲線についても、曲げ角度がある程度に達するまでは、曲げモーメント値は曲げ角度の増加に伴って立ち上がるように大きく上昇する。そして、曲線a~c及び曲線eについては、それぞれある曲げ角度でピーク(極大点)を迎え、その後は曲げ角度が増すにつれて曲げモーメントは低下する。曲線a(充填材なしで鋼板フレームのみ)の場合、この低下度合いが特に大きい。

【0084】これに対して、曲線d(エポキシ樹脂B+接着剤)の場合には、曲げモーメントが大きく上昇した後も、曲げ角度の増加に対して曲げモーメントの落ち込みは見られず、高い曲げモーメント値を維持している。また、最大曲げモーメント値も5つの曲線のうちで最も大きい。同じ充填材(エポキシ樹脂B)を用いた曲線cと比較して、曲げ角度の増加に対する傾向及び最大曲げモーメントの大きさの両方について、明確な差がある。

【0085】すなわち、同じ充填材を用いても、この充填材をフレームのパネル材に対して接着剤で固定することにより、フレームの曲げモーメント特性が大きく向上することが判る。

【0086】また、図24は、図23と同様の種々の充填材を充填したフレームの最大曲げモーメント[Nm]及びエネルギー吸収量[J]を示す棒グラフである。このグラフにおいて、A~Eの各欄は、図23の曲線a~eとそれぞれ同じフレームを示している。また、各欄において、左側の数値(白抜き棒グラフ)がフレームの最大曲げモーメント[Nm]を示し、右側の数値(斜線ハッチング棒グラフ)はフレームのエネルギー吸収量[J]を示している。

【0087】この図24のグラフから良く判るように、フレームのエネルギー吸収量は、エポキシ樹脂B+接着剤(D欄)を適用したものが最も大きく、同じ充填材(エポキシ樹脂B)を用いたC欄のエネルギー吸収量と比べて明確な差がある。

【0088】すなわち、同じ充填材を用いても、この充

填材をフレームのパネル材に対して接着剤で固定することにより、フレームのエネルギー吸収特性が大きく向上することが判る。

【0089】図25は、接着剤層のせん断接着強さと最大曲げモーメントとの関係を示すグラフである。この図25のグラフから良く判るように、接着剤層のせん断接着強さが大きくなるにつれて最大曲げモーメントも増加するが、せん断接着強さが3MPa以上になると、最大曲げモーメントの増加度合い(グラフにおける曲線の勾配)は、それまでに比べて緩やかになる。つまり、接着剤層のせん断接着強さが3MPa以上であれば、フレームが負担できる最大曲げモーメントを非常に効果的に増加させ、十分な曲げモーメント値を達成して高いエネルギー吸収能力を得ることが可能である。したがって、接着剤層のせん断接着強さとしては、3MPa以上であればよい。また、せん断接着強さがさらに大きくなり、7MPa以上になると最大曲げモーメントの増加度合いは飽和する。換言すれば、せん断接着強さが7MPa以上であれば、ほぼ最大値に近い曲げモーメント値を得ることができる。よって、接着剤層のせん断接着強さが7MPa以上であることがさらに好ましい。

【0090】尚、上記せん断接着強さの測定は、JISK 6850の「接着剤の引張せん断接着強さ試験方法」に基づいて行ったものであり、図26に示すように、被着材51、51として幅25mm、厚さ1.6mmの鋼板を用い、接着部分(長さ12.5mm)に未発泡状態の充填材52を挟み込んで0.5mm厚さに固定し、クランプした状態で電着塗装等の乾燥熱を模擬した加熱(150℃×30分→140℃×20分→140℃×20分)を行い、その後、発泡してはみ出した部分を取り除いた状態で試験を行うことでせん断接着強さを測定した(接着剤層が有る場合も無い場合も同じ)。

【0091】次に、図27に示す断面形状を備えた長さ240mmのフレーム60の断面内の一部に充填材を充填した場合と、全体に充填した場合とで、フレーム60の曲げ角度と曲げモーメントとの関係がどのようになるかを図21と同様の静的片持ち曲げ試験により調べた。尚、静的荷重は、インナパネル63側からアウトパネル62方向に加えた。

【0092】具体的には、(イ)アウトパネル62とレインフォースメント64との間のみに充填材を充填したものと、(ロ)インナパネル63とレインフォースメント64との間のみに充填材を充填したものと、(ハ)アウトパネル62とレインフォースメント64との間、及びインナパネル63とレインフォースメント64との間の両方に充填材を充填したものと、(ニ)充填材を全く充填していないものを作製してそれらに対して試験を行った。このとき、アウトパネル62は厚さ0.7mmの鋼板を、インナパネル63は厚さ1.4mmの鋼板を、レインフォースメント64は厚さ1.2mmの鋼板

をそれぞれ使用した。また、充填材は、平均圧縮強度が9MPaで最大曲げ強度が10MPaのエポキシ樹脂(フィラー、ゴム、硬化剤、発泡剤等を含む)を使用し、充填材自体が10MPaのせん断接着強さを有するようにした。そして、シート状の未発泡状態の充填材を170℃で30分保持することでアウトパネル62とレインフォースメント64との間、及び/又はインナパネル63とレインフォースメント64との間に完全に充填させた。尚、充填材の充填量は、アウトパネル62とレインフォースメント64との間が117gであり、インナパネル63とレインフォースメント64との間が423gであった。

【0093】上記曲げ試験の結果を図28～図30に示す。このことより、最大曲げモーメントは、充填材をフレーム断面内全体に充填したものが最もよいが、座屈開始の曲げモーメントで比較すると、充填材をアウトパネル62とレインフォースメント64との間のみに充填したものは、フレーム60断面内全体に充填したものと殆ど変わらない。したがって、充填材をアウトパネル62とレインフォースメント64との間のみに充填することは、特にセンタービラーのように折れ曲がり抑制する必要があるフレームに特に有効であって、充填材の重量当たりの曲げモーメントが非常に高くなり、充填量の観点から最も効率が良いことが判る。

【0094】続いて、上記フレーム60のアウトパネル62とレインフォースメント64との間のみに充填材を充填する場合に、レインフォースメント64の曲げ高さを変えることによりアウトパネル62とレインフォースメント64との間の隙間量(ここでは図27で7mmの部分のみ)を変えて、上記と同様の曲げ試験を行うことで、その隙間量により最大曲げモーメントがどのように変化するかを調べた。そして、比較のために、充填材を全く充填しない場合についても調べた。尚、アウトパネル62とレインフォースメント64との間における左右両側部の隙間量(図27で5mmの部分)は5mmのままとした。

【0095】上記試験の結果を図31に示す。このことより、充填材を充填しない場合には隙間量が小さいほど最大曲げモーメントは高くなるが、充填材を充填する場合には、隙間量が2mmよりも小さくなると、充填材を充填しない場合と殆ど変わらず、2mm以上とすれば充填効果が十分に得られることが判る。

【0096】次いで、図32(a)に示すように、アウトパネル72とレインフォースメント74との間のみに充填材71を充填したセンタービラーを作製した(実施例1)。このとき、アウトパネル72は厚さ0.7mmの鋼板を、インナパネル73は厚さ1.4mmの鋼板を、レインフォースメント74は厚さ1.2mmの鋼板(材料がアウトパネル72と同じであるので、強度はアウトパネル72と同じであり、板厚がアウトパネル72

よりも大きいので、剛性がアウトパネル72よりも大きい)をそれぞれ使用した。また、充填材71は、平均圧縮強度が13.0MPaで最大曲げ強度が13.5MPaのエポキシ樹脂(フィラー、ゴム、硬化剤、発泡剤等を含む)を使用し、充填材71自体が10.5MPaのせん断接着強さを有するようにした。そして、センタービラーを組み立てた後、電着塗装等の乾燥熱を模擬した加熱(150℃×30分→140℃×20分→140℃×20分)を行って未発泡状態の充填材を発泡硬化させた。尚、充填材71の平均発泡気孔径は5mm以下であり、その充填量は150gであった。

【0097】一方、比較のために、図32(b)に示すように、上記充填材71を全く充填しない点以外は上記実施例1と同じもの(比較例1)を作製すると共に、この比較例1に対して充填材71を充填しないで補強すべく、図32(c)に示すように、レインフォースメント74の厚みを1.8mmにしかつ該レインフォースメント74に厚さ1.2mmの鋼板からなる補強材75を接合したもの(比較例2)を作製した。

【0098】そして、上記実施例1及び比較例1、2の各センタービラーに対して上記と同様の静的片持ち曲げ試験を行って、センタービラーの曲げ角度と曲げモーメントとの関係を調べた。尚、静的荷重は、インナパネル73側からアウトパネル72方向に加えた。

【0099】上記センタービラー曲げ試験の結果を図33に示す。このことより、実施例1のセンタービラーは比較例1、2よりもかなり高い曲げモーメントが得られ、しかも、比較例2の補強方法よりも格段に軽量化できることが判る。

【0100】次に、充填材の平均発泡気孔径が最大曲げ荷重にどのように影響するかを調べた。すなわち、図34に示すように、2枚の1mm厚の鋼板82、82間(間隔7mm)に、上記センタービラー曲げ試験に用いた充填材71と同様のエポキシ樹脂からなる充填材81を、発泡剤の粒径を変えて発泡充填させることで試験片をそれぞれ作製し、この各試験片に対して、最大曲げ強度を調べるための上記単体曲げ試験と同様に、一方の鋼板82を2つの支点83、83(支点間距離80mm)で支持し、その中央において他方の鋼板82をR8の圧子84で10mm/minの速度で押圧することにより、オートグラフにて三点曲げ試験を行った。そして、その荷重-変位線図から最大曲げ荷重を求めた。尚、各充填材81の平均発泡気孔径は、図34において一点鎖線で矩形状に囲まれた範囲(面積: $0.7\text{cm} \times 8\text{cm} = 5.6\text{cm}^2$)に存在する発泡気孔のうち最も大きいものから11個を選択して、その11個の気孔径の平均を取ることで求めた。

【0101】上記充填材の平均発泡気孔径と最大曲げ荷重との関係を図35に示す。このことより、平均発泡気孔径が小さくなるにつれて最大曲げ荷重も大きくなるこ

とが判る。そして、平均発泡気孔径が5 mm以下になると、最大曲げ荷重の増加度合いは、5 mmよりも大きい場合に比べて緩やかになり、4 mm以下であればより一層安定する。

【0102】続いて、上記センターピラー曲げ試験に用いた実施例1とは充填材の平均発泡気孔径のみが異なるセンターピラーを4種類作製した。つまり、充填材の平均発泡気孔径を、1.4 mmにしたもの(実施例2)、2.1 mmにしたもの(実施例3)、5.6 mmにしたもの(比較例3)及び6.8 mmにしたもの(比較例4)を作製した。

【0103】そして、上記実施例2、3及び比較例3、4の各センターピラーに対して上記センターピラー曲げ試験と同様の静的片持ち曲げ試験を行って、センターピラーの曲げ角度と曲げモーメントとの関係を調べた。

【0104】この曲げ試験の結果を図36に示す。また、このときの平均発泡気孔径と最大曲げモーメントとの関係を図37に示す。このことより、最大曲げモーメントは、平均発泡気孔径が小さい実施例2、3の方が比較例3、4よりもかなり大きくなることが判る。また、図37より、平均発泡気孔径と最大曲げモーメントとは略直線関係にあることが判り、この関係から類推すると、平均発泡気孔径が5 mm以下であれば、センターピラーとして必要な最大曲げモーメント値が得られることが判る。

【0105】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の車体のフレーム構造によると、充填材を、平均圧縮強度が4 MPa以上であること及び最大曲げ強度が10 MPa以上であることの少なくとも一方を満たすものとし、この充填材の平均発泡気孔径又は充填材中の中空状粒子の平均径を5 mm以下に設定したことにより、充填材の充填不足をなくして車体の生産性を向上させつつ、車体の軽量化と衝突安全性の向上化とを確実に図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係るフレーム構造が適用されたセンターピラーを備えた自動車車体の全体構成を示す斜視図である。

【図2】センターピラーのベルトライン部の縦断面図である。

【図3】センターピラーのベルトライン部の横断面図である。

【図4】充填材中の発泡気孔を模式的に示す断面図であり、(a)は平均発泡気孔径が5 mm以下の場合であり、(b)は平均発泡気孔径が5 mmよりも大きい場合である。

【図5】センターピラーの組立手順を示す説明図である。

【図6】充填材の平均圧縮強度を説明するためにフレームの静的圧縮荷重-変位曲線を模式的に示すグラフであ

る。

【図7】三点曲げ試験に用いたフレームの構造を示す断面図である。

【図8】フレームの静的三点曲げ試験を行う試験装置を模式的に示す説明図である。

【図9】図8の静的三点曲げ試験装置の要部を拡大して示す説明図である。

【図10】静的エネルギー吸収量を説明するためにフレームの静的曲げ荷重-変位曲線を模式的に示すグラフである。

【図11】充填材質量とフレームの静的エネルギー吸収量との関係を示すグラフである。

【図12】充填材の平均圧縮強度とフレームの静的エネルギー吸収量との関係を示すグラフである。

【図13】充填材の最大曲げ強度とフレームの静的エネルギー吸収量との関係を示すグラフである。

【図14】図13の要部を拡大して示すグラフである。

【図15】充填材が充填されていない場合のフレームの変形モードの一例を模式的に示す説明図である。

【図16】充填材が充填されている場合のフレームの変形モードの一例を模式的に示す説明図である。

【図17】フレームの動的三点曲げ試験を行う試験装置を模式的に示す説明図である。

【図18】動的エネルギー吸収量を説明するためにフレームの動的曲げ荷重-変位曲線を模式的に示すグラフである。

【図19】充填材の充填長さとはフレームの動的エネルギー吸収量との関係を示すグラフである。

【図20】動的三点曲げ試験における充填長さ範囲とエネルギー吸収性の向上率との関係を示すグラフである。

【図21】フレームの静的片持ち曲げ試験を行う試験装置を模式的に示す説明図である。

【図22】静的片持ち曲げ試験に用いたフレームの構造を示す断面図である。

【図23】各種充填材が充填されたフレームの曲げ角度と曲げモーメントとの関係を示すグラフである。

【図24】各種充填材が充填されたフレームについての最大曲げモーメント及びエネルギー吸収量を示すグラフである。

【図25】接着剤層のせん断接着強さと最大曲げモーメントとの関係を示すグラフである。

【図26】せん断接着強さの測定方法を概略的に示す説明図である。

【図27】断面内の一部に充填材を充填した場合と全体に充填した場合との比較を行うために静的片持ち曲げ試験に用いたフレームを示す断面図である。

【図28】断面内の一部に充填材を充填した場合と全体に充填した場合と全く充填しない場合とにおいて、フレームの曲げ角度と曲げモーメントとの関係を示すグラフである。

【図29】断面内の一部に充填材を充填した場合と全体に充填した場合と全く充填しない場合とについて、座屈開始の曲げモーメントを比較して示すグラフである。

【図30】断面内の一部に充填材を充填した場合と全体に充填した場合とについて、充填材の重量当たりの曲げモーメントを比較して示すグラフである。

【図31】アウトパネルとレインフォースメントとの間に充填材を充填する場合に、その隙間量と最大曲げモーメントとの関係を示すグラフである。

【図32】静的片持ち曲げ試験に用いたセンタービラーの構造を示す断面図である。

【図33】図32の各センタービラーの曲げ角度と曲げモーメントとの関係を示すグラフである。

【図34】充填材の平均発泡気孔径と最大曲げ荷重との関係を調べるための三点曲げ試験の要領を示す説明図である。

【図35】充填材の平均発泡気孔径と最大曲げ荷重との関係を示すグラフである。

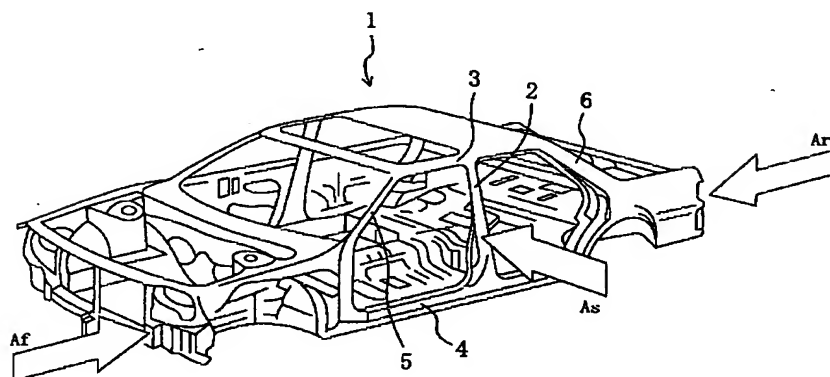
【図36】実施例3及び比較例3、4の各センタービラーの曲げ角度と曲げモーメントとの関係を示すグラフである。

【図37】充填材の平均発泡気孔径と最大曲げモーメントとの関係を示すグラフである。

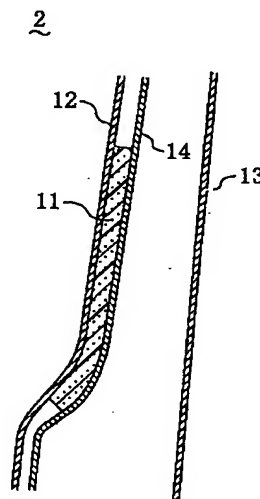
【符号の説明】

- 1 車体
- 2 センタービラー（フレーム）
- 3 ルーフサイドレール（フレーム）
- 4 サイドシル（フレーム）
- 5 フロントビラー（フレーム）
- 6 リヤビラー（フレーム）
- 11 充填材
- 11a 発泡気孔
- 12 アウトパネル（閉断面部材）
- 13 インナパネル（閉断面部材）
- 14 レインフォースメント（閉断面部材）

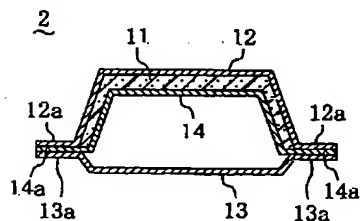
【図1】



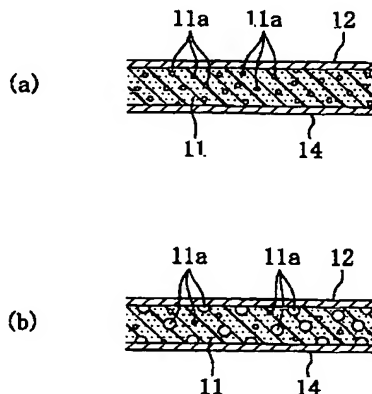
【図2】



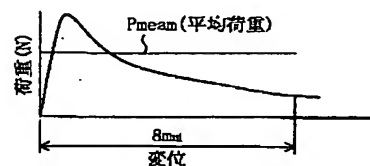
【図3】



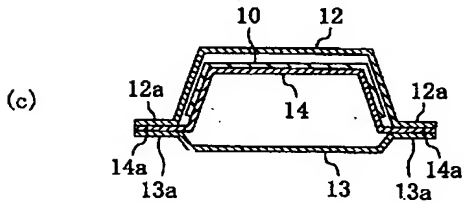
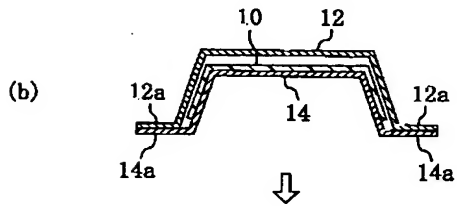
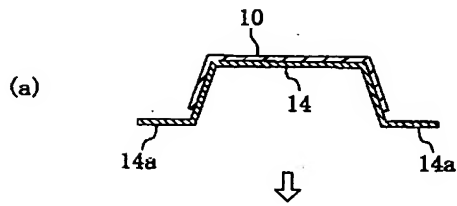
【図4】



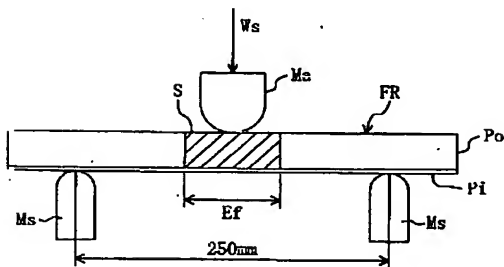
【図6】



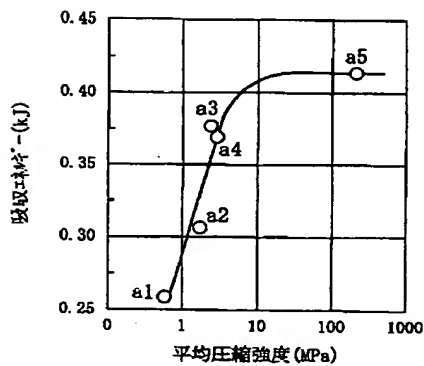
【図5】



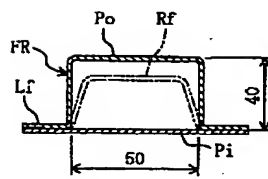
【図9】



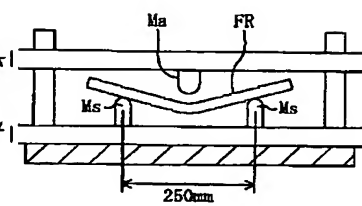
【図12】



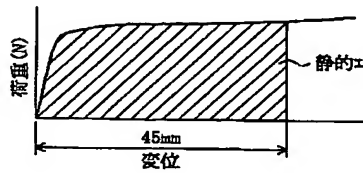
【図7】



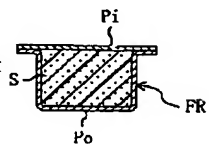
【図8】



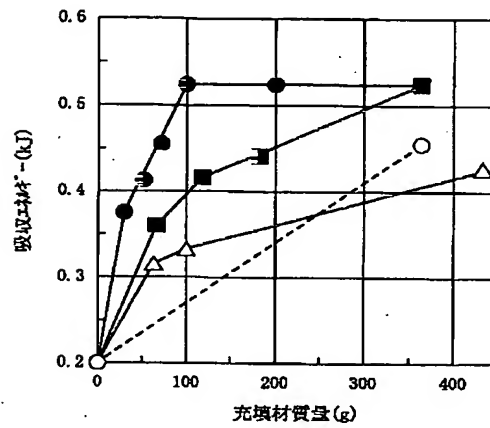
【図10】



【図22】

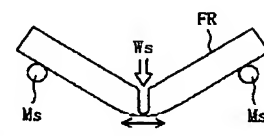
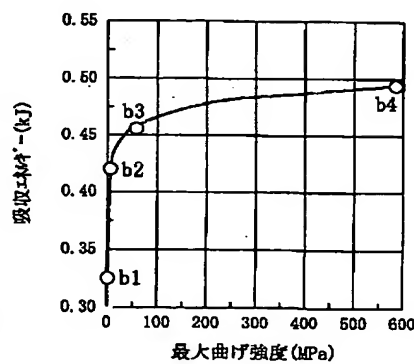


【図11】

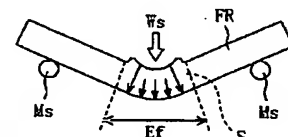


【図15】

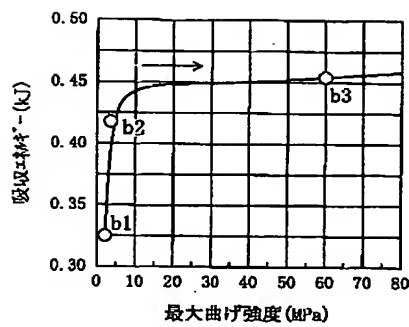
【図13】



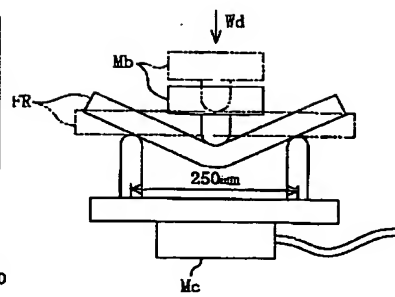
【図16】



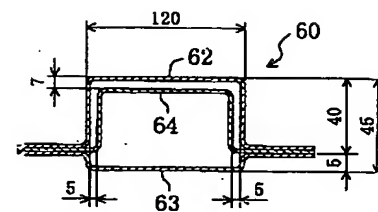
【図14】



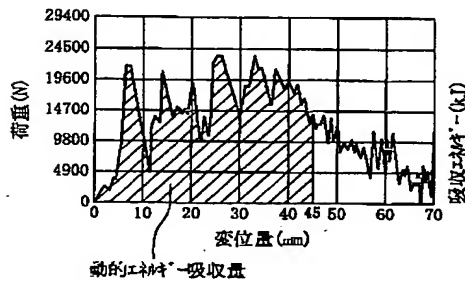
【図17】



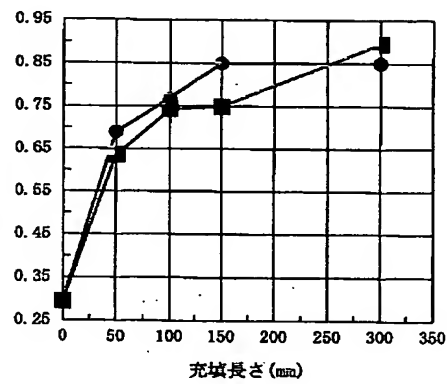
【図27】



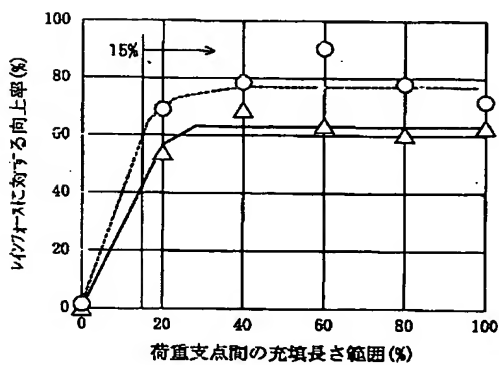
【図18】



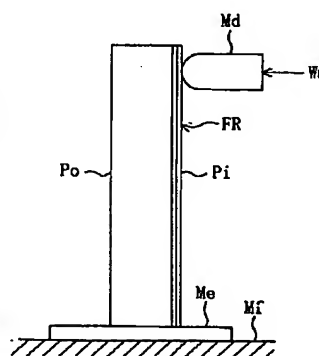
【図19】



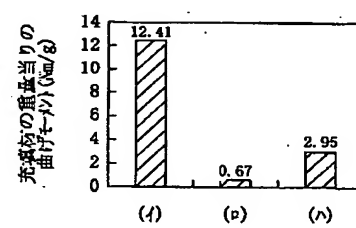
【図20】



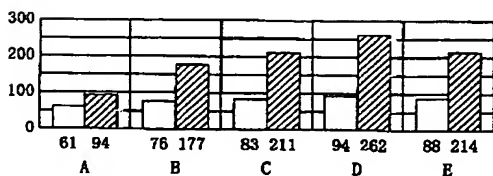
【図21】



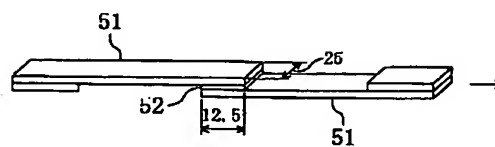
【図30】



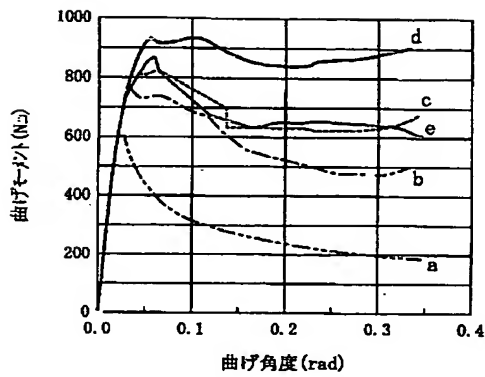
【図24】



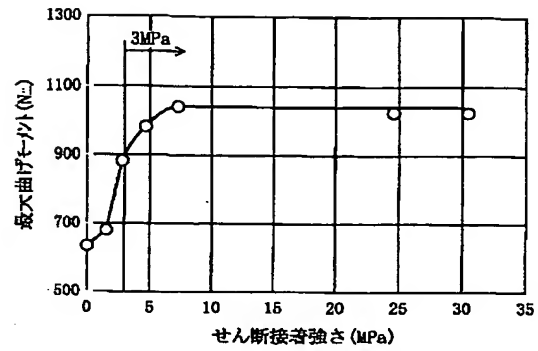
【図26】



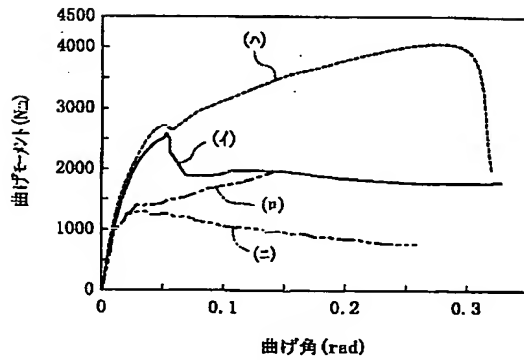
【図23】



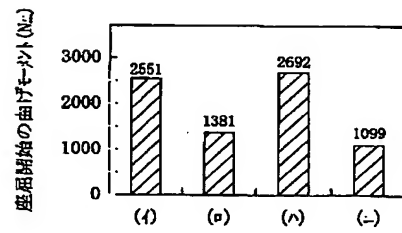
【図25】



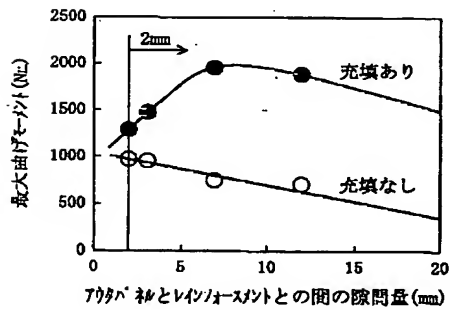
【図28】



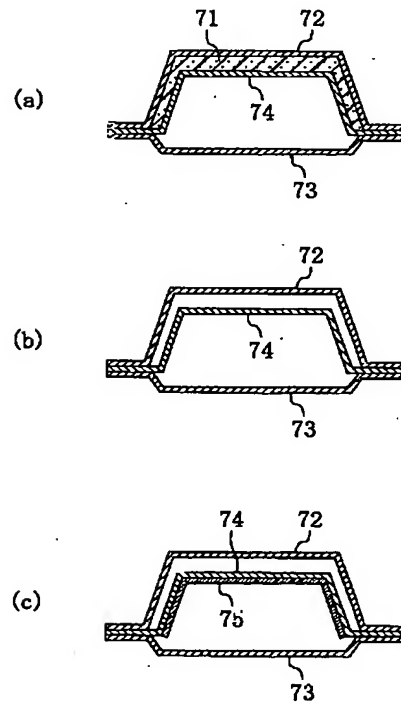
【図29】



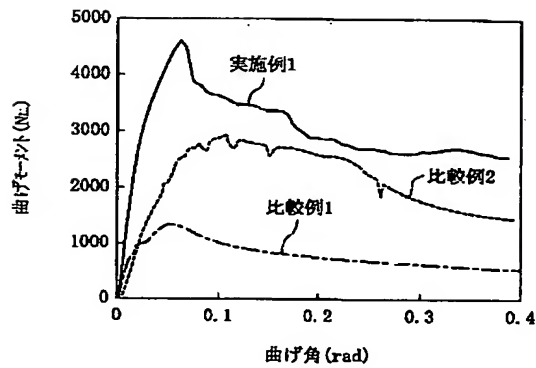
【図31】



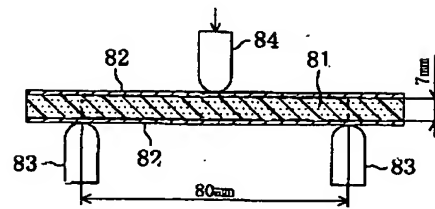
【図32】



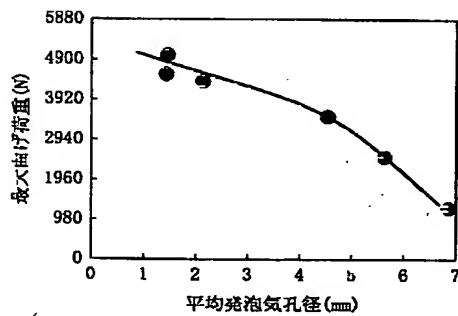
【図33】



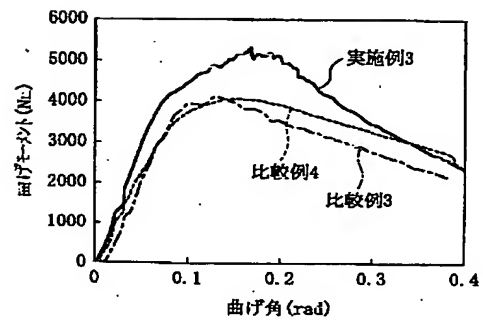
【図34】



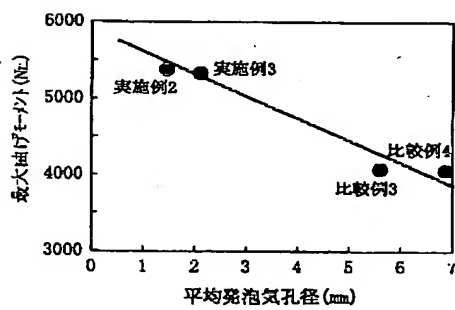
【図35】



【図36】



【図37】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.